

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Hornicko – geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Intenzifikace ČOV Sokolov dle standardů Evropské unie

**Intensification of Wastewater Treatment Plant in Sokolov according to European
Union Standards**

Autor:

Bc. Marta Hudáková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Marta Hudáková

Studijní program:

N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3904T022 Zpracování a zneškodňování odpadů

Téma:

Intenzifikace čistírny odpadních vod v Sokolově dle standardů Evropské unie

Intensification of Wastewater Treatment Plant in Sokolov according to European Union Standards

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Legislativní rámec EU k čištění městských odpadních vod
3. Popis technologie ČOV Sokolov před její intenzifikací
4. Návrh opatření
5. Intenzifikace ČOV
6. Posouzení čistícího efektu před a po intenzifikaci ČOV
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


CHUDOBA, J. DOHÁNYOS, M. WANNER, J.: Biologické čištění odpadních vod. 1.vyd. Praha 1991.
WANNER, J., HLAVÍNEK, P.: Moderní trendy v čištění odpadních vod. Brno: NOEL. 2000, 1997.
PITTER, P.: Hydrochemie, 4.vydání VŠCHT Praha, 2007.
DOHÁNYOS, M., KOLLER, J., STRNADOVÁ, N.: Čištění odpadních vod, VŠCHT Praha, 2007, ISBN 978-80-7080-619-1.
DOHÁNYOS, M. a kol.: Anaerobní čistírenské technologie, NOEL 2000 s.r.o. Brno 1998, ISBN 80-86020-19-3.
PITTER, P.: Hydrochemie, 4.vydání VŠCHT Praha, 2007.
Provozní řád ČOV Sokolov
Projektová dokumentace intenzifikace ČOV Sokolov

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

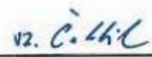
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014


prof. Ing. Vojtech Dimer, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Autorské prohlášení

Celou diplomovou práci, včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečné, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Mostě dne 30. 4. 2014



Bc. Marta Hudáková

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi pomáhali s přípravou diplomové práce. Především bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce paní **Ing. Silvii Heviánkové, Ph.D.** za odborné vedení při vypracování této práce, profesionální přístup, konzultace, připomínky a poskytnuté rady.

Také děkuji vedení a pracovníkům Vodohospodářské společnosti Sokolov, s.r.o. za spolupráci, jejich čas, ochotu, informace a podklady, které mi poskytli.

Anotace

Diplomová práce je věnována problematice čištění odpadních vod na ČOV Sokolov a její následné intenzifikaci. Práce se skládá z teoretické a praktické části. V první části diplomové práce popisují legislativní rámec Evropské unie a implementaci této legislativy do legislativy české, definují stávající stav čistírny odpadních vod Sokolov, popisují technologii čištění odpadních vod a stručný popis průtoku odpadní vody na čistírně odpadních vod v Sokolově. Dále se zabývám problémy současného provozu čistírny odpadních vod, návrhy řešení intenzifikace, porovnáním jednotlivých variant řešení a výběrem finální varianty. V další části diplomové práce detailně popisují vybranou variantu intenzifikace, spolu s popisem kogenerační jednotky a hygienizace kalu. V závěru diplomové práce popisují základní ukazatele znečištění odpadních vod, postup vzorkování, účinnost procesu čištění odpadních vod, analyzují a hodnotím čistící efekt před intenzifikací a po intenzifikaci. Zabývám se také finanční stránkou intenzifikace. Diplomovou práci uzavírám zhodnocením intenzifikace.

Klíčová slova: čistírna odpadních vod, intenzifikace, odpadní vody, účinnost čištění

Abstract

This thesis is devoted to the treatment of wastewater to the WWTP Sokolov and its subsequent intensification. The work consists of theoretical and practical part. In the first part of the thesis describes the legislative framework of the European Union and the implementation of this legislation into Czech legislation, define the current state of wastewater treatment plants Sokolov, describes the technology of wastewater treatment and a brief description of the flow of wastewater to the wastewater treatment plant in Sokolov. I also deal with the problems of simultaneous operation of the wastewater treatment plant, proposed solutions intensification, comparing the different options and choosing the final option. In the next part of the thesis describes in detail the selected variant intensification, together with a description of a cogeneration unit and sanitation sludge. In conclusion, the thesis describes the basic indicators of waste water sampling procedure, the efficiency of the wastewater treatment process, analyze and evaluate the cleaning effect before the intensification and the intensification. Deal with the financial aspect of intensification. A thesis conclude the evaluation of intensification.

Keywords: wastewater treatment plant, intensification, wastewater, treatment efficiency

Obsah

1. Úvod a cíl práce	1
2. Legislativní rámec EU k čištění městských odpadních vod	2
2.1 Směrnice Rady č. 75/440/EHS	3
2.2 Směrnice Rady č. 76/160/EHS	3
2.3 Směrnice Rady č. 78/659/EHS	3
2.4 Směrnice Rady č. 91/271/EHS	3
2.5 Směrnice Rady č. 91/676/EHS	4
2.6 Rámcová směrnice vodní politiky č. 2000/60/ES.....	4
3. Definice stávajícího stavu ČOV	8
3.1 Zhodnocení kanalizační sítě a čištění odpadních vod v ČR v roce 2012	8
3.2 Charakteristika a stručný popis jednotlivých druhů odpadních vod.....	11
3.3 Dělení ČOV	11
3.4 Definice stávajícího stavu ČOV Sokolov	12
3.4.1 Technologie čištění odpadních vod na ČOV	12
3.4.2 Stručný popis průtoku odpadní vody na ČOV	14
4. Návrh opatření	17
4.1 Problémy současného provozu ČOV Sokolov	17
4.2 Návrh řešení intenzifikace ČOV Sokolov	17
4.3 Varianty řešení intenzifikace	18
4.4 Porovnání jednotlivých variant.....	25
4.5 Výběr finální varianty	26
5. Intenzifikace ČOV	27
5.1 Finální varianta	27
5.2 Kogenerační jednotka	32
5.3 Hygienizace kalu	32
6. Analýza, syntéza čistícího efektu před a po intenzifikaci ČOV	33
6.1 Základní ukazatelé znečištění odpadní vody	33
6.2 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK ₅)	33
6.3 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK _{Cr})	34
6.4 Koncentrace dusíku (N _{celk})	35
6.5 Koncentrace fosforu (P _{celk}).....	35
6.6 Koncentrace nerozpuštěných látek (NL)	35

6.7 Amoniakální dusík (N-NH_4^+).....	36
6.8 Vzorkování	37
6.9 Účinnost procesu	39
6.10 Analýza, syntéza čistícího efektu před intenzifikací	39
6.11 Analýza, syntéza čistícího efektu po intenzifikaci ČOV	56
6.12 Zhodnocení	63
7. Závěr	66
Seznam použité literatury, citací	68
Seznam obrázků a tabulek	70
8. Přílohy	1

Seznam použitých zkratk

AN	- aktivační nádrž
ČOV	- čistírna odpadních vod
BAT	- nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování odpadních vod
BSK ₅	- biochemická spotřeba kyslíku
D	- denitrifikace
DN	- dosazovací nádrž
EHS	- Evropské hospodářské společenství
EO	- ekvivalentní obyvatel
ES	- Evropské společenství
ExS	- externí substrát
CHSK _{Cr}	- chemická spotřeba kyslíku
N	- nitrifikace
N _{celk}	- celkový dusík-dusík celkový
NL	- nerozpuštěné látky
N-NH ₄ ⁺	- amoniakální dusík
NV	- nařízení vlády
OPŽP	- Operační program životní prostředí
OV	- odpadní vody
P _{celk}	- celkový fosfor-fosfor celkový
PE	- populační ekvivalent
PRVKÚ ČR	- Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky
Q ₂₄	- přítok denní
Q _d	- přítok maximální bezdeštný denní
Q _{dešť}	- přítok deštný
R	- regenerace
SČVK a.s.	- Severočeské vodovody a kanalizace akciová společnost
UN	- usazovací nádrž
ŽP	- životní prostředí

1. Úvod a cíl práce

Úroveň odvádění a následná likvidace městských odpadních vod vypovídá o kulturním, sociálním, technickém a ekonomickém stupni rozvoje společnosti, je odrazem péče o trvale udržitelný rozvoj. Prioritním zájmem vodohospodářů je, aby Česká republika splnila závazky vůči Evropské unii v oblasti odvádění a následného čištění odpadních vod, neboť již před svým vstupem do Evropské unie se Česká republika zavázala k implementaci, tedy včlenění do naší legislativy, nejen směrnice Rady EU, která stanoví požadavky na kvalitu městských odpadních vod před jejich vypouštěním do recipientů, ale i ostatních směrnic Rady v oblasti vod. Přestože je tato směrnice vnímána jako nákladná, je velkým přínosem pro naše životní prostředí a zdraví. Výstavba, rekonstrukce a dostavba stokových systémů sloužících veřejné potřebě, stejně jako výstavba, rekonstrukce a intenzifikace centrálních ČOV včetně zavedení odstranění dusíku a celkového fosforu a vhodné řešení kalového hospodářství je tedy důsledkem plnění této směrnice. Vláda vyhlásila celé území České republiky „citlivou oblastí“, tedy oblastí, kde dochází nebo může docházet k nežádoucímu stavu jakosti povrchových vod a nařízením vlády pak stanovila ukazatele přípustného znečištění odpadních vod a jejich hodnoty a současně i nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování odpadních vod. Plánování v oblasti vod je soustavná koncepční činnost, která je garantována státem a zajišťována Ministerstvem životního prostředí a Ministerstvem zemědělství ve třech etapách a to do roku 2015, do roku 2021 a do roku 2027. V probíhající první etapě byl zpracován a přijat Plán hlavních povodí České republiky a Plány osmi oblastí povodí, které implementují Rámcovou směrnicí o vodní politice. Jako součást plánování v oblasti vod byl vytvořen také Plán rozvoje vodovodů a kanalizací České republiky a následně také Plány rozvoje vodovodů a kanalizací krajů. V současné době tedy probíhá postupné naplňování opatření plánů povodí a z dosavadního průběhu je patrné zlepšení v ochraně vod před znečištěním z bodových zdrojů odpadních vod, tedy čistíren odpadních vod.

Vlivem implementace evropské legislativy do legislativy národní se ocitlo mnoho čistíren odpadních vod v situaci, kdy jsou hydraulicky nebo látkově přetížené a nebo vykazují nízkou účinnost čistícího procesu a je tedy nutná intenzifikace, která povede k prohloubení čistícího efektu, což je také případ ČOV Sokolov.

Cílem práce je porovnat a zhodnotit skutečný stav kvality vypouštěných odpadních vod před a po intenzifikaci a posoudit čistící efekt ČOV Sokolov v souladu s legislativou.

2. Legislativní rámec EU k čištění městských odpadních vod

Problematika legislativy ES v oblasti vod je značně široká, nutno ji chápat jako právní formulaci cílového stavu členských zemí, ke kterému se musejí v určitých časových horizontech členské země postupně dopracovat.

Základní směrnice, které jsou již transponovány do české legislativy můžeme rozdělit do dvou skupin:

1. skupina – imisní směrnice, které nám stanovují závazné a směrné požadavky na jakost vod určených ke specifickým účelům:

- **Směrnice Rady 75/440/EHS** o požadované jakosti povrchových vod určených k odběru pitné vody [1].
- **Směrnice Rady 76/160/EHS** o jakosti vod ke koupání [2].
- **Směrnice Rady 78/659/EHS** o jakosti sladkých vod vyžadující ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb („rybí směrnice“) [3].

2. skupina směrnic se zabývá komplexněji požadavky na vypouštění odpadních vod, které obsahují klasické organické znečištění nebo vnášejí živiny, jako je dusík či fosfor, do životního prostředí. Tyto směrnice mají řadu požadavků na technickou infrastrukturu, která s těmito odpadními vodami nakládá:

- **Směrnice Rady 91/271/EHS** o čištění městských odpadních vod [4].
- **Směrnice Rady 91/676/EHS** o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů („nitratová směrnice“) [5].
- **Rámcová směrnice vodní politiky 2000/60/ES Evropské unie – Vodní rámcová směrnice** [6], je Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Tato směrnice Evropského parlamentu a Rady EU představuje nejvýznamnější a prozatím nejucelenější právní úpravu pro oblast vody, formuluje pravidla monitoringu povrchových vod a důvodem jejího vzniku je sjednocení různých způsobů ochrany vod uvnitř Společenství a prosazování integrované péče o životní prostředí. Tato rámcová směrnice vodní politiky se vztahuje na veškeré vodstvo.

2.1 Směrnice Rady č. 75/440/EHS

Směrnice Rady byla přijata dne 16. června 1975 a je závazná pro všechny členské státy. Zabývá se požadovanou jakostí povrchových vod určených k odběru pitné vody. Předmětem této směrnice jsou povrchové sladké vody označované jako "surová voda". Jakost těchto vod musí vyhovovat parametrům určeným pro odběr pitné vody. Směrnice nepojednává o podzemní vodě, brakické vodě a vodě, určené pro opětovné plnění vodních loží. Surová voda byla rozdělena podle mezních hodnot do třech kategorií. Tyto kategorie byly označeny A1, A2, A3 a odpovídají třem jakostem surové vody. Každá kategorie je specifická metodami úpravy [1].

2.2 Směrnice Rady č. 76/160/EHS

Směrnice Rady byla přijata dne 8. prosince 1975 a je závazná pro všechny členské státy. Zabývá se jakostí vod, kde je vnitrostátními orgány povoleno koupání velkého počtu osob. Předmětem této směrnice nejsou vody, které jsou určeny k léčebným účelům a bazénové vody [2]. Do naší legislativy je tato směrnice implementována ve vyhlášce č.159/2003 Sb., kde jsou vymezeny lokality k hromadnému koupání, které podléhají zvláštnímu režimu kontroly.

2.3 Směrnice Rady č. 78/659/EHS

Směrnice Rady byla přijata dne 18. července 1978 a je závazná pro všechny členské státy. Zabývá se jakostí sladkých povrchových vod, které členské státy vymezily jako vody vhodné pro život ryb („rybí směrnice“), rozděluje vody na lososové a kaprovité za účelem zlepšení jejich jakosti a zajištění přirozené rozmanitosti [3].

2.4 Směrnice Rady č. 91/271/EHS

Směrnice Rady byla přijata dne 21.května 1991 a je závazná pro všechny členské státy. Zabývá se čištěním městských odpadních vod a ochranou životního prostředí před účinky sběru, čištění a vypouštění městských odpadních vod, vypouštění odpadních vod z některých průmyslových odvětví a likvidací kalů. Členským státům ukládá vybudování stokových soustav městských odpadních vod ve všech aglomeracích s populačním ekvivalentem vyšším než 15 000 PE a také u aglomerací v rozmezí 2 000 až 15 000 PE, kdy PE je populační ekvivalent, je to množství znečištění od jednoho obyvatele vztažené zpravidla za 1 den. Týká se to např. BSK₅, CHSK, N, P, nerozpuštěných látek. ČR

vyjednala v rámci přístupových jednání jediné přechodné období a to na implementaci právě této Směrnice Rady č. 91/271/EHS a důvodem byla vysoká investiční náročnost opatření, nezbytných k naplnění požadavků této směrnice [4].

2.5 Směrnice Rady č. 91/676/EHS

Směrnice Rady byla přijata dne 12. prosince 1991 a je závazná pro všechny členské státy. Zabývá se ochranou vod před znečištěním způsobené ze zemědělské činnosti („nitrátová směrnice“). Cílem této směrnice je zabránit nebo alespoň omezit znečištění vody organickými a anorganickými hnojivy ze zemědělské půdy [5].

2.6 Rámcová směrnice vodní politiky č. 2000/60/ES

Směrnice Evropského parlamentu a Rady byla přijata dne 23. října 2000 a je závazná pro všechny členské státy. Zabývá se komplexní ochranou vnitrozemských povrchových vod, brakických vod, pobřežních vod a podzemních vod. Směrnice se zaměřuje na zvýšenou ochranu a zlepšení vodního prostředí snižováním vypouštění, emisí a úniků prioritních látek, jejich zastavením nebo postupným odstraněním, zajistí snižování a zabrání znečišťování podzemních vod. Členské státy jsou povinny zřídit programy monitoringu stavu vod pro potřeby provázaného a úplného přehledu o stavu vod v každé oblasti povodí [6].

Nutnost intenzifikace čistíren odpadních vod plyne z důvodu plnění Směrnice Rady 78/659/EHS, Směrnice Rady 91/271/EHS a také Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES stanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky a jejich implementace do změn české legislativy. Vláda České republiky implementovala směrnice EU v oblasti vod Nařízením vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění Nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a NV č. 23/2011 Sb. [7], kde stanovila emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod a přípustnou minimální účinnost čištění odpadních vod, současně stanovila také nejlepší dostupné technologie BAT (the Best Available Technology), jsou to technologie, představující nejlepší dosud vynalezené technologie, které jsou dostupné z hlediska technického, ekonomického a environmentálního. Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod jsou v tomto nařízení v některých případech přísnější než ve Směrnici Rady č. 91/271/EHS, neboť původní

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., bylo přijato ještě před vstupem ČR do EU. Úroveň čištění městských vod závisí na tzv. „citlivosti oblasti“, kde k vypouštění dochází. Vláda vymezila jako „citlivou oblast“, tedy oblast, kde dochází nebo může docházet k nežádoucímu stavu jakosti povrchových vod, všechny povrchové vody na našem území. Intenzifikace je opatření vedoucí k prohloubení čistícího efektu ČOV, především tedy přechod od pouhého odstraňování organického znečištění k úplnému čištění včetně odstraňování nutričních z odpadních vod, což jsou anorganické sloučeniny dusíku a fosforu, neboť jejich zvýšená přítomnost vyvolává eutrofizaci povrchových vod se všemi průvodními negativními jevy.

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění Nařízení vlády č.23/2011 Sb., je stěžejním právním předpisem, kterým se řídí vodoprávní úřad při udílení povolení k nakládání s vodami a k vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Dalšími základními právními předpisy naší legislativy v oblasti vod jsou Zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a Zákon č. 275/2013 Sb., kterým se mění Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů a vyhláška, kterou se tento zákon provádí Vyhláška č. 428/2001 Sb., ve znění vyhlášky č. 146/2004 Sb. a vyhlášky č. 515/2006 Sb.

Emisní standardy – přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných OV v mg/l dle NV č. 61/2003 Sb., v platném znění [7], pro čistírny odpadních vod velikosti ČOV Sokolov jsou uvedeny v následující tabulce č.1., kdy EO je ekvivalentní počet obyvatel, je to fiktivní počet obyvatel, který by produkoval dané množství znečištění. Podle ČSN EN 1085:1998 se vypočte jako součet obyvatel (P) a populačního ekvivalentu (PE), takže $EO = P + PE$.

Tabulka č. 1: Emisní standardy (mg/l) [7].

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	M	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m	průměr	m
10 001–100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6

Nejlepší dostupnou technologií BAT v oblasti zneškodňování městských odpadních vod pro ČOV Sokolov, která spadá do kategorie 10 001-100 000 EO, je dle NV č. 61/2003 Sb. v platném znění doporučena nízko zatěžovaná aktivace s odstraňováním nutričních+terciární stupeň včetně srážení fosforu eventuálně dávkování externího substrátu, tabulka č.2 ukazuje možné dosažitelné hodnoty koncentrací a účinností pro jednotlivé ukazatele

znečištění při použití nejlepší dostupné technologie BAT a ve srovnání s přípustnými hodnotami emisních standardů jsou možné dosažitelné hodnoty ve všech ukazatelích podstatně menší.

Tabulka č. 2: Dosažitelné hodnoty koncentrací $c(\text{mg/l})$ a účinností (%) při použití BAT technologií [7].

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}			BSK ₅			NL		N-NH ₄ ⁺			N _{celk}			P _{celk}		
	c(mg/l)		účinnost (%)	c(mg/l)		účinnost (%)	c(mg/l)		c(mg/l)		účinnost (%)	c(mg/l)		účinnost (%)	c(mg/l)		účinnost (%)
	p	m		p	m		p	m	průměr	m		průměr	m		průměr	m	
10 001 - 100 000	60	100	80	14	20	90	18	25	-	-	-	14	25	70	1,5	3	80

Plánování v oblasti vod je soustavná koncepční činnost, kterou garantuje stát a zajišťuje Ministerstvo ŽP a Ministerstvo zemědělství ve třech etapách, a to do roku 2015, do roku 2021 a do roku 2027. V probíhající první etapě je zpracován a přijat Plán hlavních povodí České republiky a Plány osmi oblastí povodí, které implementují Směrnicí 2000/60/ES.

Součástí plánování v oblasti vod je také Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky (PRVKÚ ČR) [8], který je zpracován na základě ustanovení § 29 odst.1 písmeno c) Zákona č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů. PRVKÚ ČR respektuje Směrnicí Rady 75/440/EHS, Směrnicí Rady 91/271/EHS a Rámcovou směrnicí vodní politiky 2000/60/ES a vymezuje hlavní principy, rámcové cíle a zásady státní politiky v oboru vodovodů a kanalizací pro území celé České republiky, zabývá se zásobováním pitnou vodou, odkanalizováním a čištěním odpadních vod a představuje koncepci rozvoje oboru vodovodů a kanalizací s výhledem do roku 2015, kdy předpokládá zvýšení celkové kapacity čistíren, celkové délky kanalizační sítě, podílu obyvatel napojených na kanalizační systémy a také podílu obyvatel napojených na kanalizační systémy zakončené čistírnou odpadních vod [8].

Plány rozvoje vodovodů a kanalizací území krajů České republiky pak mají za cíl zajistit žádoucí úroveň vodohospodářské infrastruktury krajů. Pro náš region byl zpracován Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Karlovarského kraje, který mimo jiné předpokládá, že do roku 2015 budou vypouštěné vody z ČOV nad 10 000 EO splňovat předepsané limity pro dusík a fosfor. Tento plán obsahuje zpravidla jedno navrhované optimální řešení stávajícího problému za současných ekonomických a technických podmínek a úrovně

technického poznání a pro ČOV Sokolov je to intenzifikace s cílem naplnit legislativní požadavky na kvalitu vyčištěné vody na odtoku z ČOV, kdy hlavní úpravy jsou zaměřeny na objekty biologického čištění, kalového a plynového hospodářství a nově navržené technologické celky dávkování externího substrátu, hygienizace kalu a energetické využití kalu, tedy kogenerace [8].

V následujících tabulkách jsou zobrazeny investiční náklady na kanalizace a vodovody, které si vyžádá implementace směrnic EU do legislativy ČR v období od roku 2003 do roku 2015. Jedná se o vysoké částky, které se musí investovat, aby bylo dosaženo stanovených cílů.

Tabulka č. 3: Investiční náklady na kanalizace v ČR za období 2003-2015 (mil. Kč.) [8].

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ČR-celkem	2722	6265	8190	8793	9944	9803	8441	12403	11066	11052	11101	7404	10401
stavby nové	1261	3723	4694	4630	4839	5081	5046	5426	5416	5480	5781	6151	8320
rekonstrukce řádů	991	1548	1713	2217	2319	2048	1864	2178	1280	1317	1171	1134	1684

Investiční náklady uvedené v tabulce v řádku „ČR-celkem“ jsou náklady na všechny rekonstrukce, tedy kanalizační řady, čistírny, čerpací stanice a další objekty.

Tabulka č. 4: Investiční náklady na vodovody v ČR za období 2003-2015 (mil. Kč.) [8].

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ČR-celkem	1141	3136	4309	4034	3756	4037	3784	3918	3597	3531	3684	3321	3919
stavby nové	482	1527	1651	1465	1343	1380	1508	1798	1657	1721	1740	1572	2268
rekonstrukce řádů	444	1015	1953	1986	1936	2261	2098	1808	1576	1661	1797	1661	1500

Investiční náklady uvedené v tabulce v řádku „ČR-celkem“ jsou náklady na všechny rekonstrukce – vodovodní řady, úpravny vod, vodojemy, čerpací stanice a další objekty.

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací představuje dlouhodobou koncepci rozvoje vodovodů a kanalizací s výhledem do roku 2015 a z výše uvedených tabulek vyplývá, že celková výše nákladů do vodovodů a kanalizací za období 2003 – 2015, tedy investice vynaložené na implementaci Směrnic EU v oblasti vodní politiky do české legislativy činí 163 752 miliónů Kč, z toho do vodovodů 117 585 miliónů Kč a do kanalizací 46 167 miliónů Kč.

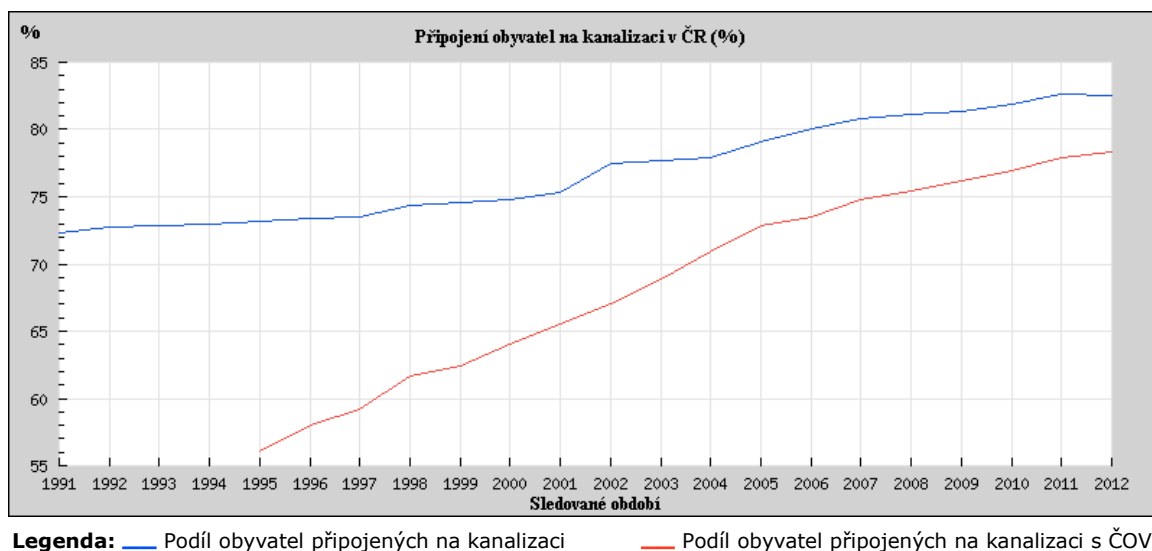
3. Definice stávajícího stavu ČOV

Voda odebíraná z přírody se činností člověka mění na vodu odpadní. Odpadní vody jsou obecně definovány v ustanovení § 38 odst. 1 zákona o vodách č. 254/2001 Sb. [9], ve znění pozdějších úprav, jako vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod [9].

Odpadní voda je odváděna kanalizací kanalizačními stokami na čistírny odpadních vod, které slouží k čištění a dalšímu zpracování odpadní vody [10].

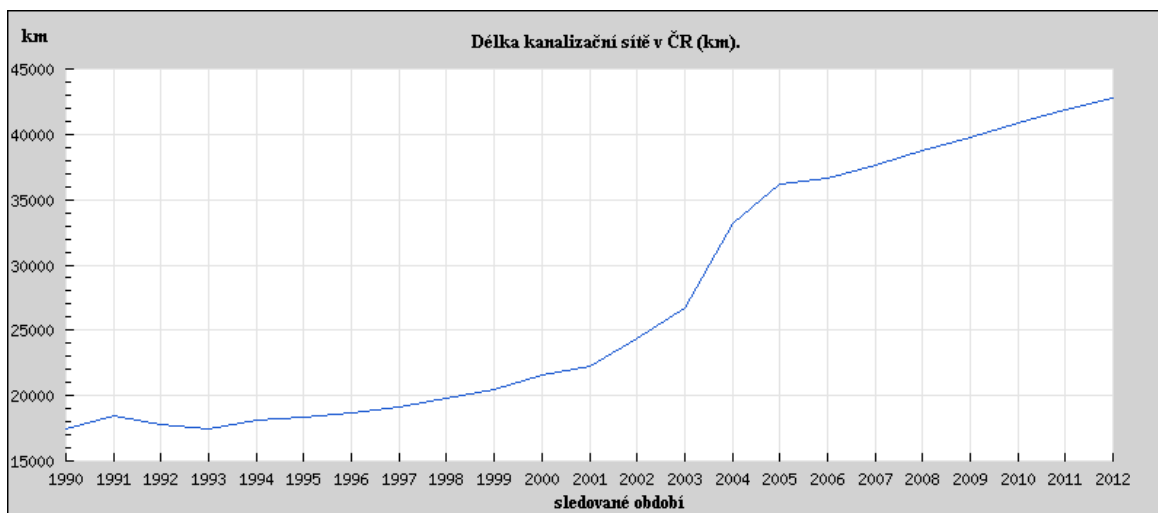
3.1 Zhodnocení kanalizační sítě a čištění odpadních vod v ČR v roce 2012

Vstup ČR do EU měl zásadní vliv na rozvoj infrastruktury, která zajišťuje odvádění a čištění odpadních vod. Podíl obyvatel ČR, kteří jsou připojeni na kanalizační síť stoupl v roce 2012 ze 77,7 % na 82,5 %, jak znázorňuje graf na obrázku č.1. [11].



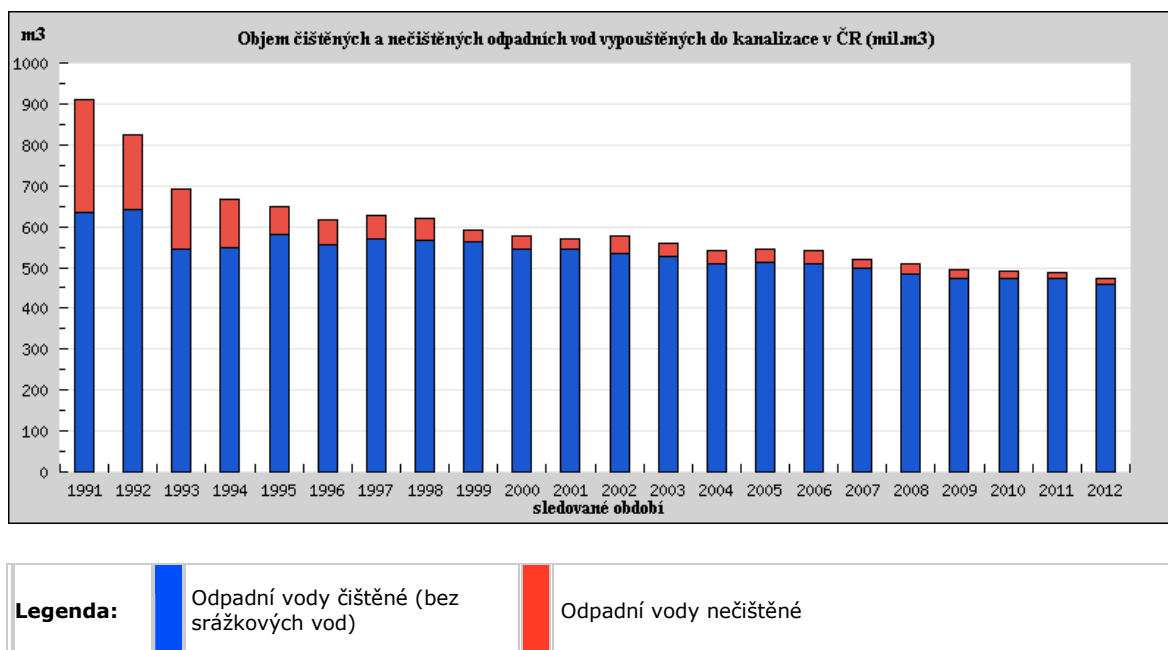
Obrázek č. 1: Graf znázorňující připojení obyvatel na kanalizaci v ČR (%).

Délka kanalizačních sítí se dlouhodobě zvyšuje, jak ukazuje graf na obrázku č.2., v současné době činí 42 752 km, od roku 1990 se více než zdvojnásobila stejně jako celkový počet ČOV v ČR se oproti roku 2000 zdvojnásobil [11].



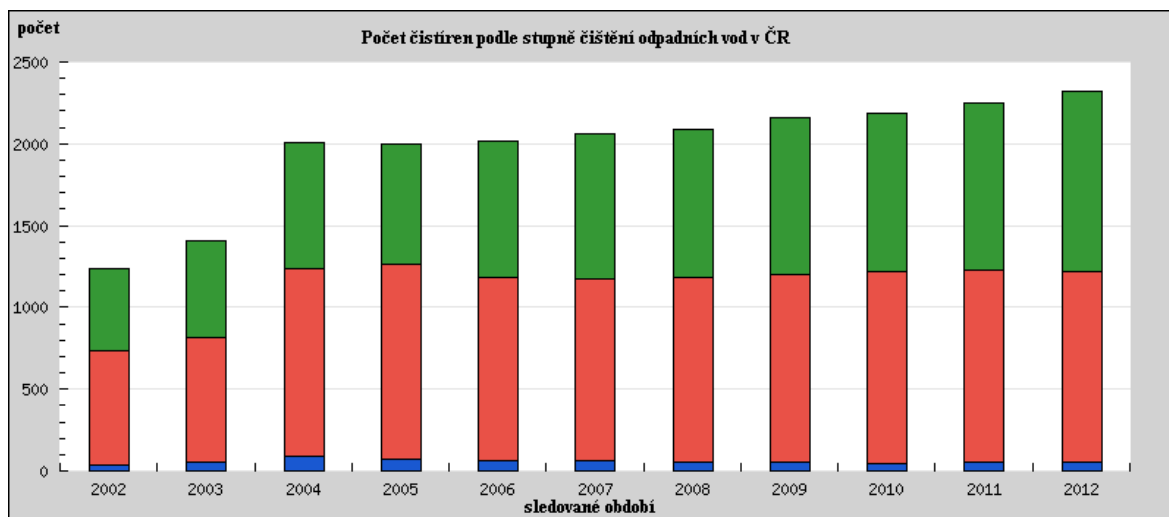
Obrázek č. 2: Graf znázorňující délku kanalizační sítě v ČR (km).

Velmi uspokojivý je i podíl čištěných odpadních vod vypouštěných do kanalizace, který v roce 2012 dosahoval 97,3 %, proti roku 1990, kdy byl 75,0 %, jak je vidět v grafu na obrázku č.3. [11].

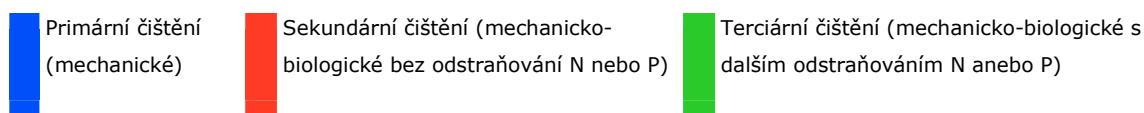


Obrázek č. 3: Graf znázorňující objem vod vypouštěných do kanalizace v ČR (mil.m³).

Počet ČOV s terciárním čištěním, tedy čištěním mechanicko-biologickým s odstraněním N anebo P, znázorněný v grafu na obrázku č.4, se postupně zvyšuje [11].

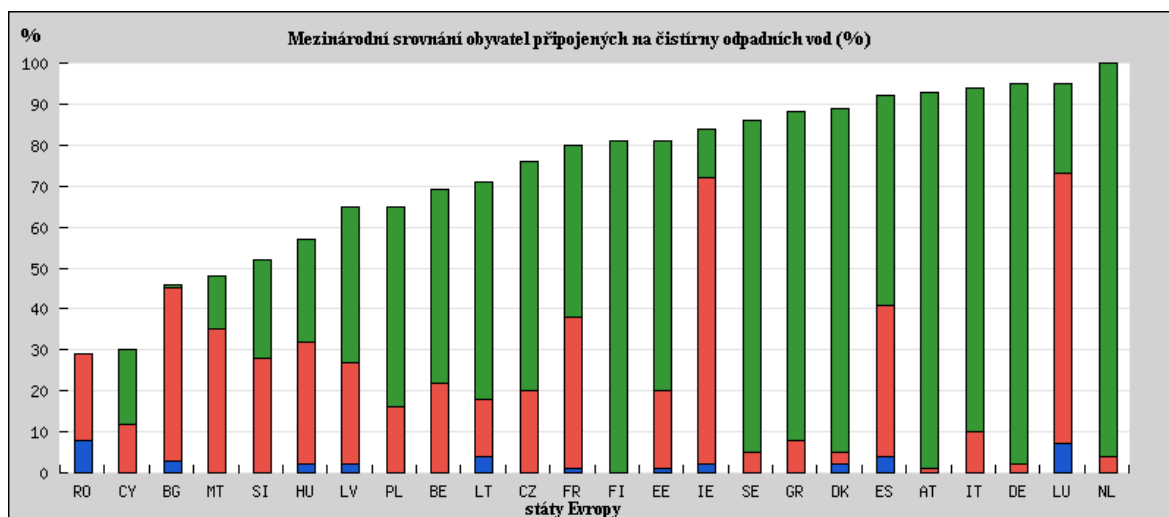


Legenda:



Obrázek č. 4: Graf znázorňující počet ČOV podle stupně čištění odpadních vod v ČR.

V mezinárodním srovnání, znázorněném v grafu na obrázku č.5, je ČR na předních místech mezi novými členskými zeměmi EU v podílu obyvatel připojených na kanalizaci s ČOV i podílu terciárního čištění. Ve státech severní, západní a částečně i jižní Evropy je situace lepší, naopak za ČR zaostávají státy ve východní Evropě a na Balkánském poloostrově [11].



Obrázek č. 5: Graf znázorňující připojení obyvatel na ČOV podle stupně čištění (%).

3.2 Charakteristika a stručný popis jednotlivých druhů odpadních vod

Odpadní vody dělíme podle místa vzniku, míry znečištění a obsahu znečišťujících látek na vody splaškové, průmyslové, dešťové, balastní a městské odpadní vody.

Splaškové vody, jsou odpadní vody, vypouštěné do kanalizace z domácností, různých hygienických, stravovacích a ubytovacích zařízení. Množství splaškových vod, tedy množství od 1 obyvatele za den, je prakticky shodné se spotřebou pitné vody. Znečištění těchto vod má ustálenou kvalitu a tyto vody jsou znečištěny organickými i anorganickými látkami a obsahují také značné množství mikroorganismů, které mohou být i patogenní.

Průmyslové odpadní vody, které vznikají v průmyslové nebo zemědělské výrobě a složením se liší vždy podle průmyslového odvětví, ve kterém vznikly, mohou obsahovat toxické a další látky.

Dešťové odpadní vody, které pocházejí z dešťových srážek, tání sněhu a ledu se také dostává do stokových sítí. Míra jejich znečištění pak závisí na složení ovzduší a také na charakteru terénu v dané lokalitě. Jejich množství závisí na intenzitě dešťových srážek a i tyto znečištěné srážkové vody se musí před vypuštěním do recipientu také čistit.

Balastní vody, jsou vody vzniklé únikem z vodovodního řadu při poruše dodávky vody nebo při prasklém potrubí a podzemní odpadní vody, které se dostávají do kanalizace díky netěsnostem systému.

Městské odpadní vody jsou tvořeny směsí splaškové, průmyslové, dešťové a balastní odpadní vody a jsou přiváděny kanalizací do systému ČOV, kde podle stupně čištění probíhá primární čištění (mechanické), sekundární čištění (mechanicko-biologické) a nebo terciární čištění (mechanicko-biologické s dalším odstraňováním N a P).

3.3 Dělení ČOV

Čistírny odpadních vod můžeme rozdělit na domovní, malé nebo střední a velké čistírny odpadních vod. Domovní ČOV slouží ke zpracování odpadních vod z jednotlivých rodinných domů a budov, které nemají možnost napojení na kanalizaci, která by ústila do centrální ČOV. Malá ČOV neobsahuje primární sedimentaci ani anaerobní stabilizaci kalu a zpracovává maximálně 1000 m³ odpadní vody denně, což odpovídá znečištění do 5000 EO. Střední a velká ČOV je ČOV s kapacitou nad 5000 EO a svojí kapacitou pokrývá potřeby obcí, měst a metropolí. Obsahují již primární sedimentaci a anaerobní stabilizaci kalu (kalové hospodářství) [12]. Do této kategorie spadá také ČOV Sokolov.

3.4 Definice stávajícího stavu ČOV Sokolov

Čistírna odpadních vod Sokolov byla vybudována na okraji města, na pravém břehu řeky Ohře, je mechanicko-biologická s mezofilní stabilizací kalu, čistírna je ve vlastnictví města Sokolov a je provozována Vodohospodářskou společností Sokolov, s.r.o. [13].



Obrázek č. 6: ČOV Sokolov [13].

3.4.1 Technologie čištění odpadních vod na ČOV

Čistírna odpadních vod v Sokolově je pro dosažení požadované účinnosti čištění odpadních vod navržena a realizována ve skladbě hrubé předčištění, mechanické čištění, biologické čištění a následuje kalové hospodářství [14].

Nejdříve je potřeba odstranit hrubé nečistoty, neboť jejich přítomnost v dalších stupních čištění by mohla vést k mechanickým závadám čistírny [15]. Hrubé předčištění zahrnuje jemné strojně stírané česle Fontána a DORR a dvoukomorový lapák písku se separátorem písku a plní funkci zachycování shrabků a písku. Lapák písku je provzdušňovaný se strojním vyklížením a odtahováním plovoucích nečistot. Měření přítoku je zajištěno Parshallovým žlabem.

Shrabky jsou tvořeny z 50% hadry, 20 - 30% papírem, 5 – 10% plasty, 2% gumou a gumovými výrobky a 2 – 3% zbytky ovoce a zeleniny a různými částmi domovního odpadu [16].

Mechanické čištění na čistírně odpadních vod slouží k zachycení a gravitační separaci nerozpustných, usaditelných a plovoucích látek [17]. V usazovacích nádržích sedimentují nerozpuštěné částice, které jsou obsažené v odpadní vodě a ve formě kalu jsou stírány do kalové jímky.

Biologické čištění je založeno na schopnosti mikroorganismů rozložit v odpadní vodě organické znečištění, principem je vytvoření směsné kultury mikroorganismů, volně rozptýlených ve vodě a vázaných a shlukovaných ve vločkách, které tvoří aktivovaný kal [18]. Proces aktivace je nejrozšířenější způsob biologického čištění [19]. Složení aktivovaného kalu je závislé na složení substrátu, na kterém byl kal vypěstován a dále na době zdržení, objemovém zatížení, zatížení kalu a stáří kalu, tedy na hodnotách technologických parametrů během kultivace [20].

K odstraňování dusíku, který se dostává do odpadních vod především v podobě fekálií, slouží biologické čištění s technologií nitrifikace, kdy dochází k oxidaci amonných solí mikroorganismy a konečnými produkty jsou dusičnany [14] a následně denitrifikace, kdy dochází k redukci dusičnanů nebo dusitanů působením mikroorganismů, při uvolňování především plynného dusíku [21], zajišťují s použitím aerace aktivací nádrže. Dosazovací nádrže pak zajišťují separaci aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody.

Stejně jako dusík také fosfor podporuje eutrofizaci a i jeho přísun do povrchových vod je nežádoucí. Fosfor, který se dostává do odpadních vod z pracích nebo čistících prostředků, odstraňujeme fyzikálně-chemickými metodami, kdy při srážení vznikají nerozpustné vápenaté, železité nebo hlinité fosforečnany. Nebo biologickým odstraňováním, které využívá schopnosti některých mikroorganismů za určitých podmínek akumulovat fosfor ve formě polyfosfátů. Biologické odstraňování je velmi citlivé na poměr složek a vhodné podmínky, proto se přistupuje k chemickému srážení fosforu síranem železitým [22].

Po svém zahuštění je vyprodukovaný primární a aktivovaný surový kal ve vyhřívané vyhnívací nádrži anaerobně stabilizován, kdy dojde k přeměně většiny rozložitelných organických látek na bioplyn a poté je uskladněn v uskladňovací nádrži, kde je míchán ponorným míchadlem, což zajišťuje homogenizaci kalu před odvodněním. Potom je kal gravitačně zahuštěn a strojně odvodněn [23]. Kalová voda ze zahušťování kalu je odváděna na přítok do usazovací nádrže nebo do žlabu před aktivací nádrže, stejně jako kalová voda z odvodňování vyhnílého kalu.

Vyhnívací nádrž má nainstalován jímač bioplynu. Kalový plyn je akumulován v plynojemu a následně využit jako energetický zdroj k vytápění čistírenských objektů [24].

3.4.2 Stručný popis průtoku odpadní vody na ČOV

Odpadní vody, které jsou vyprodukovány na území města Sokolov a obcí Těšovic a Královského Poříčí jsou do objektu čistírny přiváděny stokami kanalizační sítě města Sokolova, obce Těšovic a obce Královské Poříčí. Tyto odpadní vody nejprve přitékají do haly hrubého předčištění, dochází zde k odstraňování shrabků při protékání přes jemné mechanicky stírané česle Fontána, které jsou osazeny hned na hlavním přítoku a na obtokovém kanálu jsou osazeny česle DORR. Veškeré shrabky z česlí jsou odvodňovány a následně se dopravují do kontejneru, který se po naplnění odváží k druhotnému zpracování. Za česlemi je měření přítoku odpadní vody. Otevřeným žlabem jsou dále odpadní vody vedeny do dvoukomorového provzdušňovaného lapáku písku. Písek stejně jako slisované shrabky putuje do kontejneru a je také odvážen k druhotnému zpracování [13].

Mechanický stupeň čištění v podélných usazovacích nádržích zajišťuje primární sedimentaci. Usazovací nádrže, ve kterých se zachycují usaditelné a plovoucí látky jsou vybaveny strojním stíráním kalu na dně nádrže a plovoucích nečistot na hladině. Za usazovací nádrž je zařazena dešťová zdrž, která je také vybavena zařízením na vyklízení usazených látek ze dna nádrže. Po mechanickém vyčištění přitékají odpadní vody na biologickou část čistírny.

Biologické čištění zajišťují aktivační nádrže s jemnobublinným provzdušňovacím systémem. V aktivačních nádržích, které mají pravoúhlý půdorys s meandrovitým průtokem, postupně probíhá denitrifikace a nitrifikace.

Dosazovací nádrže, kde dochází k separaci aktivovaného kalu od biologicky vyčištěné odpadní vody, jsou čtyři a to dvě kruhové dosazovací nádrže a dvě podélné dosazovací nádrže. Hladina i dno kruhových dosazovacích nádrží je strojně stírána. Kal se ze dna nádrže odtahuje potrubím. Aktivovaný kal z podélných dosazovacích nádrží se čerpá pomocí čtyř čerpadel u každé nádrže, které jsou umístěny na pojezdovém mostě. Čerpadla zajišťují kontinuální čerpání kalu ze dna. Vyčištěná voda u obdélníkových nádrží přepadá do čelného přepadového žlabu a bočních žlabů se společným odtokem, u kruhových nádrží přepadá vyčištěná voda do odtokového žlabu uvnitř nádrží.

Na kruhové dosazovací nádrže se přivádí 40 % průtoku, na podélné dosazovací nádrže se přivádí zbytek průtoku, tedy 60 %. Rozdělení těchto průtoků ke kruhovým dosazovacím nádržím a podélným dosazovacím nádržím je zajištěno dvěma rozdělovacími šachtami umístěnými mezi aktivačními a kruhovými dosazovacími nádržemi a množství průtoku se podle potřeby může regulovat stavitelnými hradítky. Z podélných a kruhových

dosazovacích nádrží pak biologicky vyčištěná voda dále odtéká přes objekty měření a přes povodňovou čerpací stanici do recipientu, kterým je pro ČOV Sokolov řeka Ohře. Odtok je gravitační, v době velkých vod se biologicky vyčištěná voda čerpá šnekovými čerpadly, které jsou umístěny v povodňové čerpací stanici, za normálních stavů v řece pak protéká vyčištěná voda objektem povodňové čerpárny obtokovým kanálem.

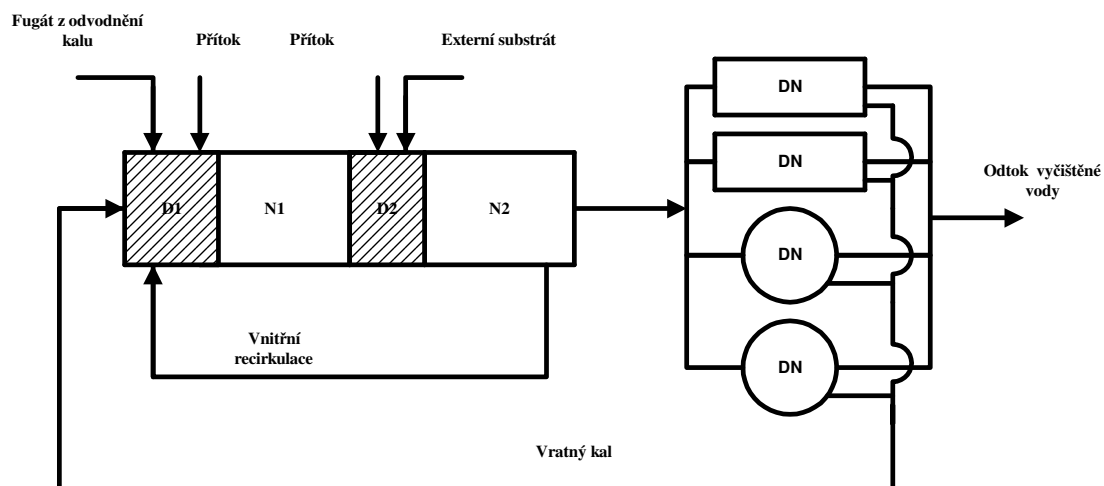
Měření množství vyčištěné odpadní vody se z kruhových dosazovacích nádrží provádí v Parshallově žlabu, stejně jako měření vyčištěné odpadní vody, která odtéká z podélných dosazovacích nádrží. Měření vody z dešťové zdrže probíhá ve Venturiho měrném žlabu. Přebytný kal se přečerpává do usazovací nádrže a vratný kal se z dosazovacích kruhových i podélných nádrží vrací zpět do aktivace [25].

Zahušťovací nádrž je nádrž, do které je čerpán smíšený surový kal z usazovací nádrže. Ve vyhnívacích nádržích dochází k anaerobní stabilizaci zahuštěného kalu. Doba zdržení ve vyhnívací nádrži je cca 25 - 33 dní a denní množství stabilizovaného zahuštěného kalu je $50 \text{ m}^3/\text{den}$. Uskladňovací nádrže slouží k uskladnění vyhnílého kalu.

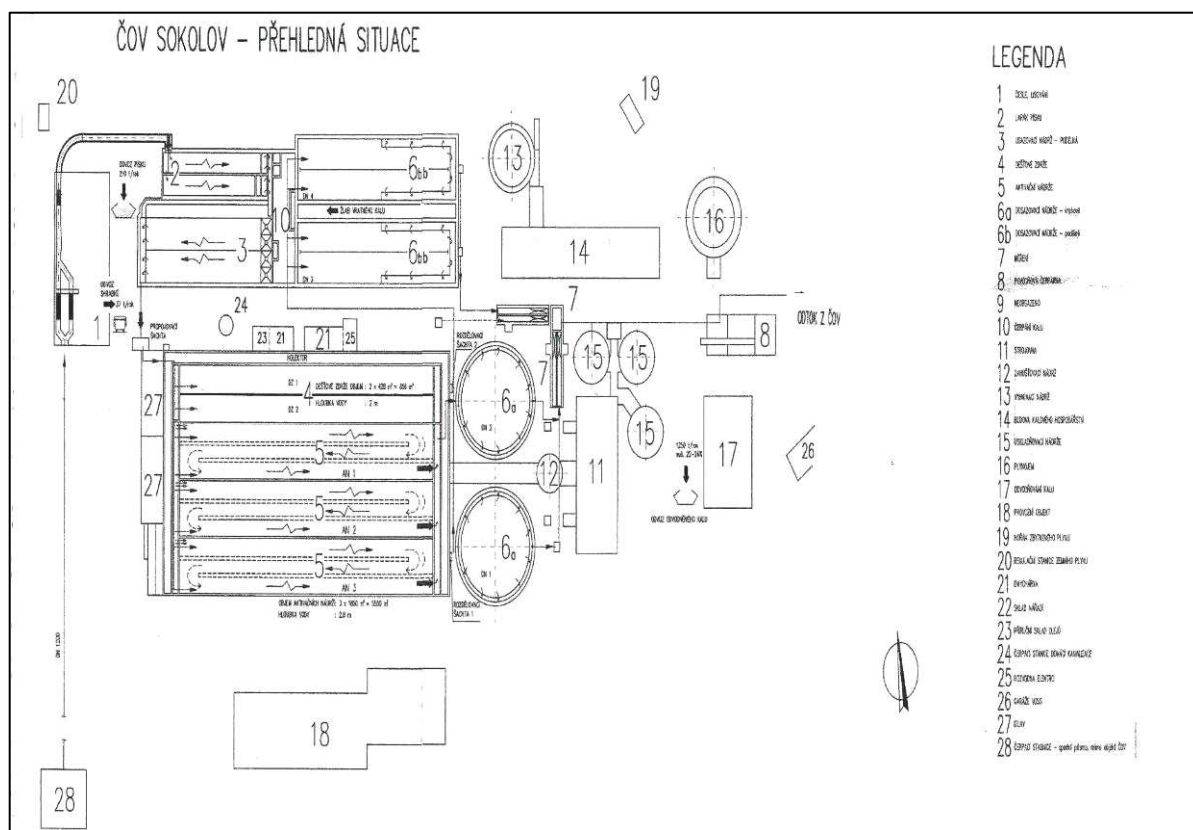
Odvodňování zahuštěného kalu z uskladňovacích nádrží je umístěno v samostatné hale a provádí se pomocí pásového lisu, homogenizační nádrže s míchadlem, dávkovacího čerpadla a flokulantu, který umožňuje shlukování malých částic do vloček a agregátů [26]. Odvodněný zahuštěný kal je odvážen k druhotnému zpracování.



Obrázek č. 7: ČOV Sokolov [25].



Obrázek č. 8: Schéma znázorňující uspořádání technologické linky před intenzifikací [25].



Obrázek č. 9: Přehledná situace ČOV Sokolov [25].

4. Návrh opatření

Při první intenzifikaci ČOV Sokolov, která proběhla v roce 1998, došlo k úpravě hydraulického a látkového zatížení. Limit fosforu byl překračován až do roku 2003, kdy došlo k doplnění technologie o chemické srážení síranem železitým a odtok se stabilizoval i v ukazateli P_{celk} . Nyní následuje další intenzifikace, při které jsou odstraněny stávající problémy současného provozu ČOV, dochází k optimalizaci uspořádání biologické linky za účelem požadovaných odtokových limitů s ohledem na legislativní požadavky EU, tedy Směrnicí Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod, ale i s ohledem na Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění Nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., s čímž souvisí nutnost zvýšeného odstraňování sloučenin fosforu a dusíku.

4.1 Problémy současného provozu ČOV Sokolov

Intenzifikací budou řešeny následující problémy [27]:

- Nevhodné uspořádání technologické linky (poměr oxických a anoxických sekcí) a s tím související nedostatečná kvalita biologicky vyčištěných vod v ukazateli P_{celk} .
- Nevyhovující kapacita biologického stupně vzhledem k předpokládanému rozvoji města a připojených obcí.
- Nedostatečné technické podmínky kalového hospodářství pro zpracování kalů z ČOV Sokolov a kalů dovážených z ostatních čistíren provozovaných v regionu.
- Špatný fyzický stav a nevyhovující technické parametry starších a dosud nerepasovaných technologických zařízení a špatný technický stav některých stavebních objektů.

4.2 Návrh řešení intenzifikace ČOV Sokolov

Pro návrh intenzifikace byly stanoveny vymezující podmínky, jako hlavní zásady intenzifikace ČOV Sokolov [27]:

- Podmínka nutnosti provádění veškerých úprav uvnitř stávajícího oploceného areálu ČOV tak, aby nebyly kladeny nároky na zábor dalších pozemků.
- Podmínka zachování veškerých vyhlášených stávajících ochranných pásem ČOV.

- Podmínka pro biologickou část čistírny byla použití pouze stávajících objemů aktivačních a dosazovacích nádrží a také návrh zařízení pro dávkování externího substrátu (denaturovaný ethanol) k zajištění kvality na odtoku.
- Podmínkou pro objekty kalového hospodářství bylo doplnění o novou vyhnívací nádrž a dvě nové uskladňovací nádrže kalu a také doplnění o nové technologické celky strojního zahušťování a odvodňování, ale také hygienizace kalu.
- Podmínkou pro objekty plynového hospodářství byla instalace nové kogenerační jednotky pro využití přebytečného plynu.
- Podmínkou pro strojní a technologická zařízení byla jejich modernizace nebo jejich případná výměna za nová zařízení s odpovídajícím výkonem, který by zaručil bezpečný a spolehlivý provoz ČOV a odpovídající kvalitu odpadů.
- Podmínkou bylo také rozšíření řídicího a informačního systému, zaručujícího zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti provozu.
- Poslední z podmínek bylo provedení stavebních úprav v rozsahu, který bude potřebný pro instalaci nových zařízení a zajištění bezporuchového, bezpečného a ekonomického provozu ČOV tak, aby kapacita ČOV byla dostatečná.

4.3 Varianty řešení intenzifikace

Varianty intenzifikace zohledňovaly požadavek minimalizace zásahů do stávající stavební části aktivačních reaktorů, preferovaly využití stávajících aktivačních objemů.

Návrh intenzifikace ČOV Sokolov pro cílovou kapacitu 33 000 EO včetně likvidace dovážených kalů ČOV na úrovni výhledové rezervy odpovídající cca 20 000 EO byl připravován ve variantním řešení s ohledem na možné konfigurace aktivačního procesu uplatnitelné ve stávajících žlabech aktivace.

Pro výpočty bylo uvažováno s těmito teplotními mezemi:

Teplota minimální $T_{\min} = 9^{\circ}\text{C}$; průměrná $T_{\text{průměr}} = 14,8^{\circ}\text{C}$ a maximální $T_{\max} = 22^{\circ}\text{C}$.

Tabulka č. 5: Hydraulické zatěžovací parametry ČOV Sokolov 33 000 EO [27].

Množství odpadních vod	m ³ /d	m ³ /h	l/s
Průměrný denní přítok	7719	321,6	89,3
Koeficient denní nerovnoměrnosti	1,35	-	-
Maximální denní přítok	10420,7	434,2	120,6
Koeficient hodinové nerovnoměrnosti	1,8	-	-
Maximální hodinový přítok	-	781,5	217,1
Maximální dešťový přítok do aktivace	-	911	253,1

Tabulka č. 6: Látkové zatěžovací parametry ČOV Sokolov 33 000 EO[27].

Znečištění surové odpadní vody	g/EO/d	kg/d	mg/l
BSK ₅	60,1	1983,8	257
CHSK _{Cr}	106,4	3512,1	455
NL	45,4	1497,5	194
N-NH ₄ ⁺	7,1	233,9	30,3
N _{celk}	10,7	352,8	45,7
P _{celk}	1,6	53,3	6,9

Tabulka č. 7: Znečištění kalové vody ČOV Sokolov 33 000 EO + 20 000 EO svozy [27].

Kalová voda	m ³ /d	kg/d	mg/l
Průměrný denní přítok	80,1		
BSK ₅		23	287
CHSK _{Cr}		78	974
NL		16	199
N-NH ₄ ⁺		67,5	843
N _{celk}		80,1	1000
P _{celk}		6,8	85

Bylo navrženo 5 variant řešení označených jako Varianta 1 – 5 „V1 – V5“ [27]:

- V1 DN-DN: stávající uspořádání a jeho optimalizace
- V2 DN-DN: přerozdělení objemů a optimalizace
- V3 R-DN-DN: přerozdělení objemů a optimalizace, regenerace z části dešťové zdrže
- V4 D-R-D-N: nově navržené přerozdělení aktivačních objemů
- V5 R-D-N: nově navržené přerozdělení aktivačních objemů

Pro celkovou účinnost denitrifikace je rozhodující kvalita odpadní vody a recirkulace kalu, součet recirkulace vratného kalu a interní recirkulace. Limitující je velikost denitrifikačních zón, jejich uspořádání, kdy nejsou hydraulicky oddělené od zón nitrifikačních, to může znamenat další limitaci omezení jejich funkce vnosem kyslíku do anoxického prostředí v přechodných zónách. Výpočtem kapacity dosazovacích nádrží bylo zjištěno, že jsou bezpečně schopné pracovat při uvažovaném $Q_{\text{dešť}}$ do aktivace na úrovni 253 l/s. Jako směrodatná hodnota pro výpočty byla uvažována bezpečná hodnota koncentrace sušiny kalu 4 kg/m^3 .

Navýšení zatížení aktivace o cca 15% oproti stávajícímu stavu a především zatížení zpětným proudem kalové vody s množstvím dusíku více jak 25% hmotnostních oproti zatížení aktivace odpadní vodou bude vyžadovat dávkování externího substrátu, především v zimním období. Pro všechny výpočtové varianty bylo proto kalkulováno s množstvím $280 \text{ kg CHSK}_{\text{Cr}}/\text{d}$, odpovídajícím cca 250 l/d methanolu (externí substrát).

Tabulka č. 8: Znečištění kalové vody ČOV Sokolov 33 000 EO + 20 000 EO svozy [27].

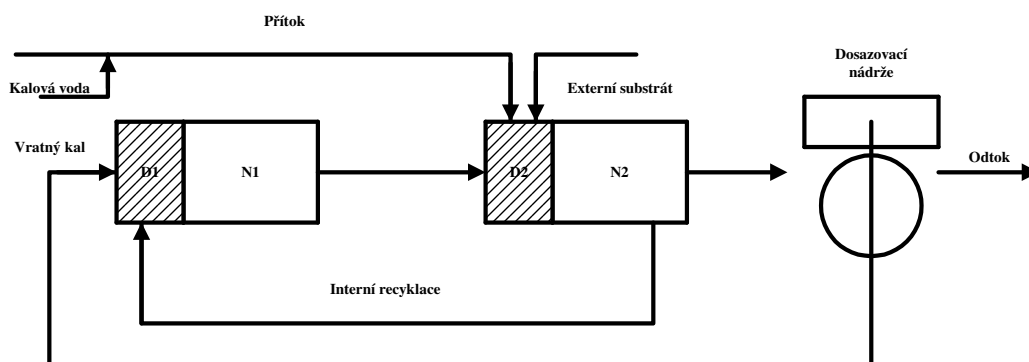
Parametr	Jednotka	V1-5
Zatížení ČOV v EO dle BSK_5 bez externího substrátu	EO	33 000
Zatížení aktivace v EO dle BSK_5 bez externího substrátu	EO	19 941
Zatížení aktivace BSK_5 bez externího substrátu	kg/d	1 196
Zatížení aktivace CHSK_{Cr} bez externího substrátu	kg/d	2 370

4.3.1 Varianta V1: stávající uspořádání a jeho optimalizace

Stávající DN-DN sekce by se nezměnila. Objemově by zůstalo shodné rozložení.

Souhrn navrhovaných úprav pro optimalizaci biologické linky aktivního procesu V1:

- provozní sušina kalu v aktivaci do 4 kg/m^3
- vyřazení interní recirkulace z N2 do D2 a zapojení z N2 do D1
- dávkování externího substrátu v množství cca $280 \text{ kg CHSK}_{\text{Cr}}/\text{d}$
- zvýšení dávky 40% roztoku síranu železitého o 334 l/d (tj. o $13,9 \text{ l/h}$) oproti stávajícímu stavu



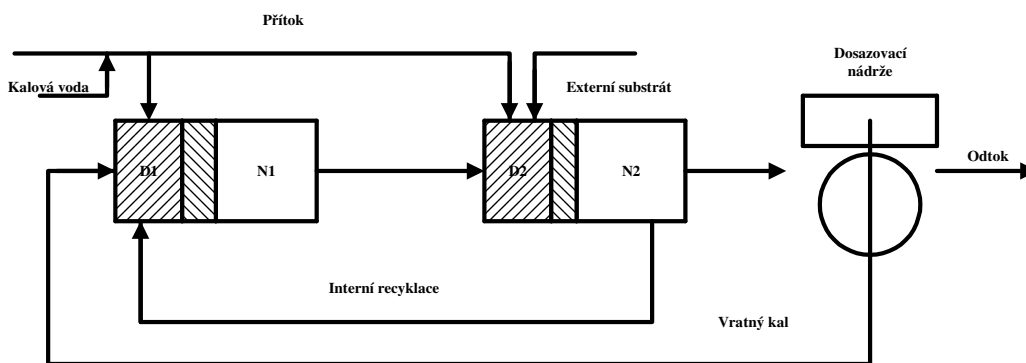
Obrázek č. 10: Technologické schéma Varianty 1 [27].

4.3.2 Varianta V2: přerozdělení objemů a optimalizace

Uspořádání DN-DN sekvence by se změnilo. Celkový objem aktivace by zůstal shodný, byly by optimalizovány velikosti D-N sekcí.

Souhrn navrhovaných úprav pro optimalizaci biologické linky aktivního procesu V2:

- zvětšení denitrifikačních sekcí na úkor nitrifikačních, přičemž části denitrifikačních sekcí budou vybaveny elementy pro možný aerobní provoz v zimním období
- provozní sušina kalu v aktivaci do 4 kg/m^3
- vyřazení interní recirkulace z N2 do D2 a zapojení z N2 do D1
- dávkování externího substrátu v množství cca $280 \text{ kg CHSK}/\text{d}$
- zvýšení dávky 40% roztoku síranu železitého o 334 l/d (tj. o $13,9 \text{ l/h}$) oproti stávajícímu stavu



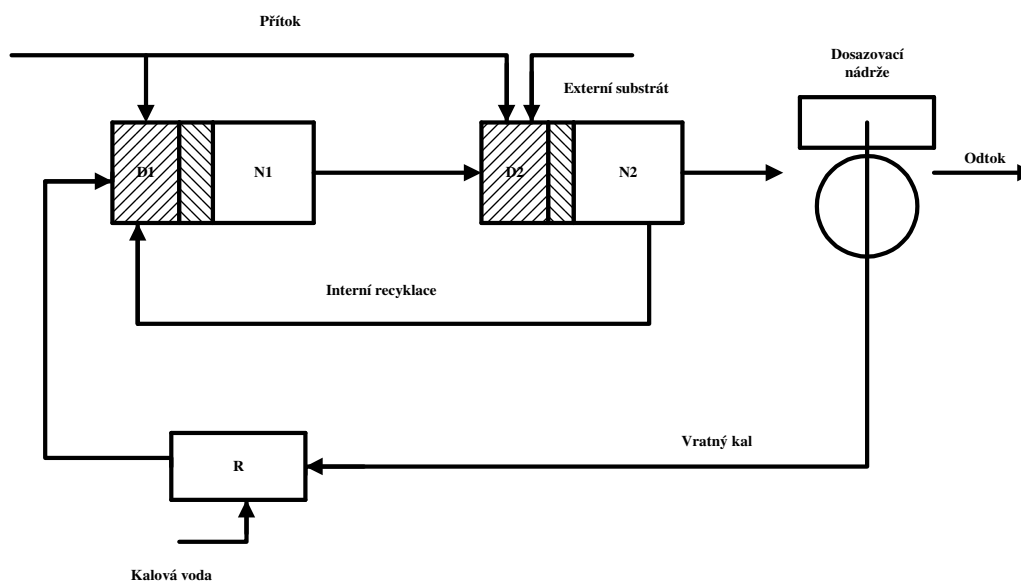
Obrázek č. 11: Technologické schéma Varianty 2 [27].

4.3.3 Varianta V3: přerozdělení objemů a optimalizace, regenerace z části dešťové zdrže

Stávající DN-DN sekvence by se objemově změnila, bylo naplánováno, že z části dešťové zdrže by byla vybudována regenerace o maximálním možném objemu (300 m³). Do regenerace by byl zaveden vratný kal a kalová voda.

Souhrn navrhovaných úprav pro optimalizaci biologické linky aktivačního procesu V3:

- zvětšení denitrifikačních sekcí na úkor nitrifikačních, přičemž části denitrifikačních sekcí mohou být vybaveny elementy pro možný aerobní provoz v zimním období (není ale nutností, stabilita nitrifikace i v zimě uspokojivá, případně možno realizovat pouze u jedné D sekce)
- vybudování regenerační nádrže se zavedením kalové vody
- provozní sušina kalu v aktivaci do 4 kg/m³
- vyřazení interní recirkulace z N2 do D2 a zapojení z N2 do D1
- dávkování externího substrátu v množství cca 280 kg CHSK_{Cr}/d
- zvýšení dávky 40% roztoku síranu železitého o 334 l/d (tj. o 13,9 l/h) oproti stávajícímu stavu



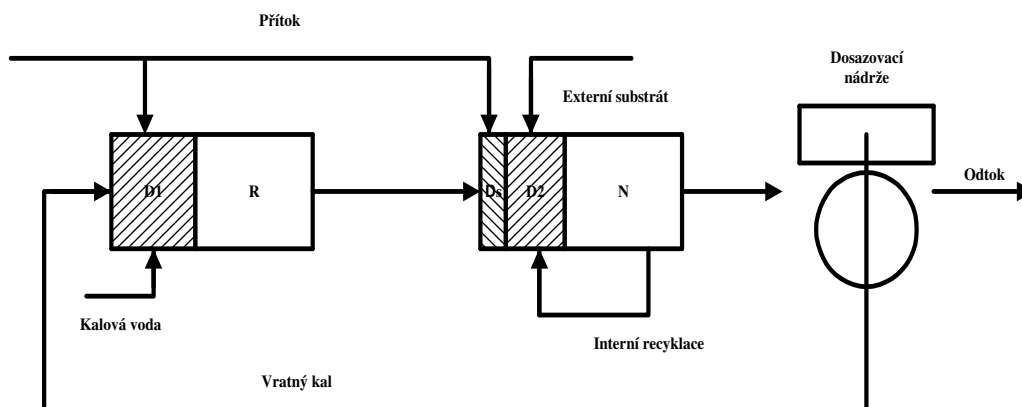
Obrázek č. 12: Technologické schéma Varianty 3 [27].

4.3.4 Varianta V4: nově navržené přerozdělení aktivačních objemů

Do stávajících koridorů aktivace by byly instalovány reaktory D-R-(Ds)-D-N. Do regenerace, tedy do prvního D1 reaktoru by byl zaveden vratný kal a kalová voda. Cca 15 % přítoku by bylo odvětveno do D1 reaktoru. Aktivační směs by odtékala z regenerace do D2 reaktoru, kde by byla vyčleněna část objemu Ds - jako anoxický selektor, kde by probíhaly denitrifikační procesy v anodických podmínkách.

Souhrn navrhovaných úprav pro optimalizaci biologické linky aktivačního procesu V4:

- přerozdělení reaktorů ve stávajících objemech aktivace, alternativně vyčlenění objemu 250 m^3 z dešťové zdrže pro reaktor D1, kam byla zavedena kalová voda, vratný kal a cca 15 % přítoku
- provozní sušina kalu v aktivaci do 4 kg/m^3
- interní recirkulace z N2 do D2
- dávkování externího substrátu v množství cca $280 \text{ kg CHSK}_{\text{Cr}}/\text{d}$
- zvýšení dávky 40% roztoku síranu železitého o 334 l/d (tj. o $13,9 \text{ l/h}$) oproti stávajícímu stavu.



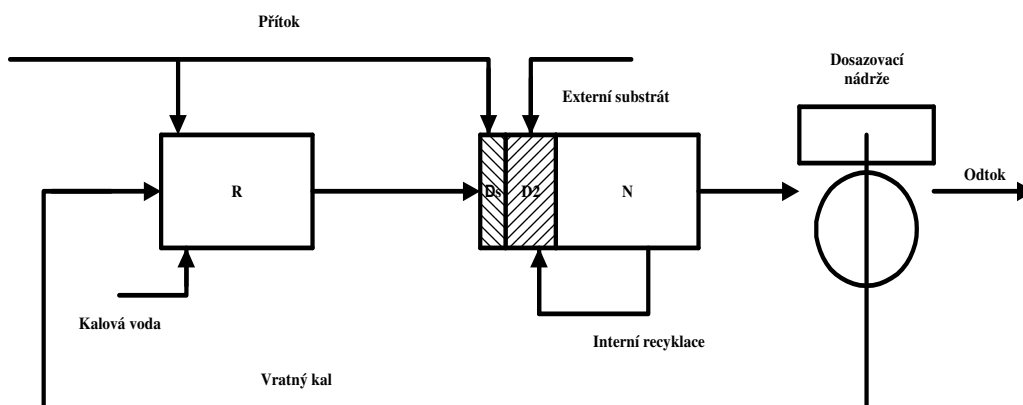
Obrázek č. 13: Technologické schéma Varianty 4 [27].

4.3.5 Varianta V5: nově navržené přerozdělení aktivačních objemů

Do stávajících koridorů aktivace by byly instalovány reaktory R-(Ds)-D-N, do regenerace by byl zaveden vratný kal a kalová voda.

Souhrn navrhovaných úprav pro optimalizaci biologické linky aktivačního procesu V5:

- přerozdělení reaktorů ve stávajících objemech aktivace
- provozní sušina kalu v aktivaci do 4 kg/m^3
- interní recirkulace z N2 do D2
- dávkování externího substrátu v množství cca $280 \text{ kg CHSK}_{\text{Cr}}/\text{d}$
- zvýšení dávky 40% roztoku síranu železitého o 334 l/d (tj. o $13,9 \text{ l/h}$) oproti stávajícímu stavu



Obrázek č. 14: Technologické schéma Varianty 5 [27].

4.4 Porovnání jednotlivých variant

U varianty V1 by byly vcelku uspokojivé výsledky kvality odtoku, příliš malé denitrifikační sekce a vzhledem k dávce substrátu koncentrace N_{celk} v odtoku poměrně vysoké a uspokojivá stabilita nitrifikace při minimální výpočtové teplotě.

U varianty V2 by byly uspokojivé výsledky kvality odtoku, příliš malé denitrifikační sekce v zimním období a odtoková koncentrace N_{celk} by byla v zimě horší.

U varianty V3 by byly uspokojivé výsledky kvality odtoku. Při minimální výpočtové teplotě by byla stabilita nitrifikace uspokojivá aniž by bylo nutné snižovat objem denitrifikačních sekcí ve prospěch nitrifikačních. Z toho důvodu by byla i v zimě zachována vyšší účinnost denitrifikace a nižší odtokové koncentrace N_{celk} .

(Čím větší objem by se pro regeneraci vyčlenil, tím lépe. Optimum je na úrovni 750 m³, což je však nereálné vzhledem k nutnosti zachovat dešťovou zdrž.)

U varianty V4 by byly uspokojivé výsledky kvality odtoku, při minimální výpočtové teplotě stabilita nitrifikace mírně zhoršená bez snižování objemu denitrifikačních sekcí ve prospěch nitrifikačních a nejnižší odtokové koncentrace N_{celk} ze všech variant, což znamená i nejvyšší případnou úsporu ExS (externího substrátu). Variantě by bylo možné vyčlenit cca 250 m³ pro reaktor D1z dešťové zdrže (sem zavést vratný kal, kalovou vodu a cca 15 % přítoku – čerpat čerpadlem) a o tento objem rozšířit reaktor N2 z 3270 m³ na 3520 m³. Toto navýšení objemu nitrifikace by snížilo odtokovou hodnotu $N\text{-NH}_4^+$ při 9 °C z 3,3 na 2 mg/l a zajistilo by stabilitu nitrifikace, odtoková hodnota N_{celk} by v tomto případě poklesla na 11,1 mg/l při 9 °C.

U varianty V5 by byly nejvyšší celkové koncentrace N_{celk} ze všech variant a při minimální výpočtové teplotě by stabilita nitrifikace byla velmi dobrá, ale největší nároky na ExS (externí substrát).

Provedené výpočty jednoznačně ukázaly, že mezi možnými řešeními jsou poměrně výrazné rozdíly, jak z hlediska dosažitelné kvality odtoku, tak i z hlediska možných úspor při dávkování externího substrátu ve formě methanolu. Tyto úspory se ale promítly i do dalších provozních celků jako kalového hospodářství, nákladů na likvidaci kalu vzniklého ze zatížení reprezentovaném dávkováním externího substrátu.

Tabulka ukazuje pro jednotlivé varianty řešení vypočtené odtokové koncentrace v ukazatelích $N\text{-NH}_4^+$ (ukazatel stability nitrifikace), N_{celk} (ukazatel kvality celkového odtoku) a dále případné úspory na dávkování ExS ve vztahu k nejhorší vyhodnocené

variantě V5, přepočteny z kg CHSK_{Cr}/d na l/d methanolu a roční úsporu nákladů při ceně methanolu 9 Kč/l.

Výsledky ukázaly, že z jednotlivých variant by vyšel jako nejúspornější systém D-R-D-N a anoxickým selektorem ve Variantě 4, jako nejméně výhodný pak klasický systém R-D-N ve Variantě 5.

Tabulka č. 9: Vyčíslení úspor provozních nákladů na dávkování externího substrátu [27].

Variant řešení	Odtok N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	Odtok N _{celk} (mg/l)	Úspora CHSK _{Cr} (kg/d)	Úspora methanol (l/d)	Úspora (Kč)
V1	1,8	14,3	18	16	53 217
V2	2,2	14,5	6	5	17 739
V3	2,1	13	96	86	283 824
V4	2	11,1	210	189	620 865
V5	1,8	14,6	0	0	0

Na základě provedených výpočtů by se jako nejvýhodnější z hlediska úspor provozních nákladů na dávkování externího substrátu jevila Varianta 4, tj. D-R-Ds-D-N proces, který dosáhl nejlepší kvality odtoku a výrazné provozní úspory z hlediska dávkování externího substrátu. Velmi uspokojivých výsledků dosáhla rovněž Varianta 3, která by byla realizačně jednodušší. Při volbě varianty byly zvažovány náročnosti úprav, které by byly nutné k aktivaci pro realizaci výhodnější Varianty 4.

4.5 Výběr finální varianty

Pro intenzifikaci ČOV Sokolov pro cílovou kapacitu 33 000 EO včetně likvidace dovážených kalů byla po posouzení všech variant řešení zvolena varianta s minimálními stavebními zásahy do současného stávajícího uspořádání biologické linky ČOV a s nižšími investičními nároky, která bezpečně dosáhla odtokových parametrů, požadovaných legislativou. Tato varianta zohlednila požadavek minimalizace zásahů do stávající stavební části aktivačních reaktorů, tj. preferovala využití stávajících aktivačních objemů. Z toho důvodu byla vybrána Varianta 2, která byla přepracována s novými vstupními parametry jako Varianta 6, tj. řešení bez navýšení objemové kapacity aktivačních nádrží s přerozdělením objemů D-N sekvencí aktivačních koridorů [27].

5. Intenzifikace ČOV

Při výběru finální varianty intenzifikace ČOV bylo přihlédnuto k minimalizaci investičních nákladů a stavebních zásahů do stávajícího uspořádání biologických reaktorů aktivačního procesu. Výpočty biologického stupně ČOV Sokolov vybrané finální varianty byly vypracovány pro hydraulické a látkové zatěžovací parametry odpovídající cílovému stavu na úrovni 33 000 EO, přičemž do zpětného zatížení systému byla započtena i produkce kalové vody odpovídající svozům kalů likvidovaným na ČOV ve výhledovém množství na úrovni 20 000 EO. Jako rozhodující údaje kvality odpadní vody byly převzaty vstupní parametry za rok 2010. Přepočet stávajícího stavu na výhledovou kapacitu byl proveden přímo úměrně navýšením ze stávajícího zatížení na úrovni 28 587 EO na 33 000 EO, tj. o 15,43 %. Kvalita vody po primárních usazovacích nádržích, vzhledem ke změnám v kalovém hospodářství, byla uvažována dle normované účinnosti dle ČSN 75 6401 pro hydraulickou dobu zdržení v usazovací nádrži nad 1,5 hodiny. Tyto hodnoty víceméně odpovídají naměřeným účinnostem usazovacích nádrží s výjimkou ukazatele NL, který byl významně ovlivněn systémem odkalování UN a zavedením zpětných proudů z kalového hospodářství do tohoto profilu. Tento negativní vliv byl navrhovanými úpravami v kalovém hospodářství eliminován a předpokládaná účinnost v ukazateli NL je na normované hodnotě kolem 58 %.

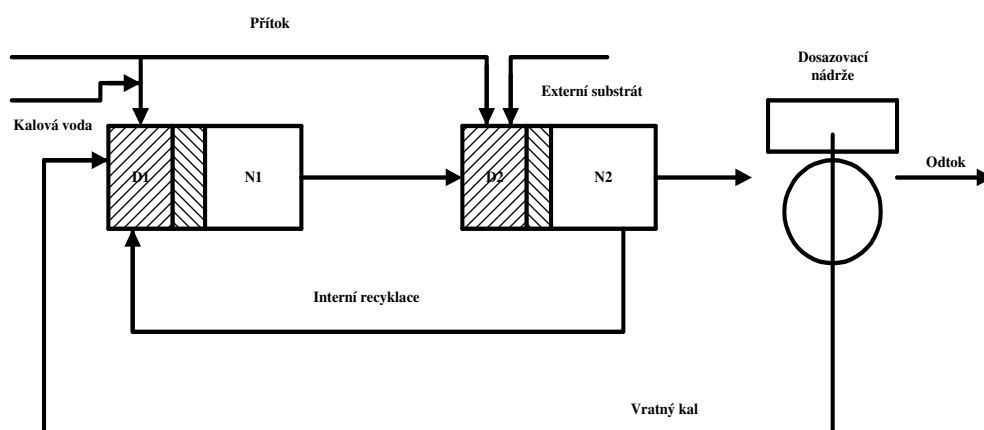
5.1 Finální varianta

Pro finální navrhované řešení, označené jako Varianta 6, byly provedeny kontrolní výpočty a rozpracovány technologické výpočty chování aktivačního procesu. Tato varianta byla vybrána na základě podrobné analýzy stávajícího stavu a možných úprav aktivačního systému pro dosažení potřebných odtokových parametrů. Jedná se tedy o upravenou Variantu 2, která vznikla úpravou stávajícího aktivačního procesu tím způsobem, že došlo k přerozdělení stávajících reaktorů aktivačního procesu na optimální uspořádání reaktorů anoxických a oxických s alternativními ox/anox zónami.

Dosazovací nádrže v nedynamickém stavu v průměru dosahují 5 mg/l NL v odtoku, v dynamickém 6 mg/l. Nerozpuštěné látky jsou nositelem organicky vázaného dusíku i fosforu, který navyšuje celkovou koncentraci N_{celk} a P_{celk} ve finálním odtoku.

Uspořádání aktivačního procesu je objemové rozložení D-N-D-N systému pro letní a zimní provoz, tj. s alternativními ox/anox sekcemi. Proti navrhovanému optimálnímu rozložení uvedenému ve Variantě 4 je využito stávajících objemů jednotlivých částí aktivace tak, aby

nebylo nutné měnit jejich stavební uspořádání a bylo i optimálně využito vstupních profilů přiváděné odpadní vody. Regenerační nádrž tedy nebyla nainstalována. Oba alternativní reaktory jsou vybaveny aeračními elementy a míchadly k alternativnímu provozu v ox/anox režimu. Interní recirkulace je vedena z konce reaktoru D2 a oproti stávajícímu stavu zaústěna do prvního anodického reaktoru D1.



Obrázek č. 15: Technologické schéma biologické linky aktivního procesu Varianty 6 [27].

Výpočty jsou provedeny pro hydraulické zatížení $7\,719\text{ m}^3/\text{d}$ pro ustálený stav. Pro všechny výpočty ustáleného stavu je uvažováno s velikostí recirkulace kalu 100 % a interní recirkulace 150 % průměrného denního přítoku odpadních vod Q_{24} . Výpočet je proveden pro minimální a průměrnou teplotu aktivní směsi $9\text{ }^{\circ}\text{C}$, resp. $14,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ČOV bezpečně dosahuje požadovaného odtokového limitu $15\text{ mg/l } N_{\text{celk}}$.

Tabulka č. 10: Vypočtená kvalita odpadní vody na odtoku z ČOV [27].

Kvalita odtoku (mg/l)	14,8 °C	9 °C
$CHSK_{Cr}$	27	27
BSK_5	4,5	4,9
NL	5,1	5,2
$N-NH_4^+$	0,6	1
$N-NO_3$	9,6	10,8
N_{celk}	10,7	12,2
P_{celk}	1,7*	1,7*

* s chemickým dosrážením ($0,44\text{ m}^3/\text{d}$ 40% síranu železitého)

Pro zadané vstupní koncentrace je zapotřebí dosrážet cca $3,7\text{ mg/l}$ fosforu, což si vyžádá dávkování 40% síranu železitého v množství cca $0,44\text{ m}^3/\text{d}$. Síranu železitého je nutné aplikovat množství na úrovni 89 g/m^3 při molárním poměru $P : Fe = 1,5$.

Tabulka č. 11: Základní technologické parametry aktivačního procesu dle Varianty 6 [27].

Parametr	Jednotka	V6-DNDN
Zatížení ČOV v EO dle BSK ₅ bez externího substrátu	EO	33 000
Zatížení aktivace v EO dle BSK ₅ bez externího substrátu	EO	21 999
Zatížení aktivace BSK ₅ bez externího substrátu	kg/d	1 320
Zatížení aktivace CHSK _{Cr} bez externího substrátu	kg/d	2 339
Hydraulické zatížení	m ³ /d	7 719
Hydraulické zatížení	m ³ /s	0,09
Množství odpadní vody odvětvěné do D1	m ³ /d	5 095
Množství dusíku z kalové vody čištěné v procesu	kg/d	80
Objem aktivace	m ³	5 550
Objem D1 tanku	m ³	1 000
Objem N1 tanku	m ³	2 700
Objem D2 tanku	m ³	600
Objem N2 tanku	m ³	1 250
Výpočtová teplota	°C	15
Koncentrace biomasy v sekcích 1	kg/m ³	4,4
Koncentrace biomasy v sekcích 2	kg/m ³	4
Koncentrace biomasy ve vratném kalu DN	kg/m ³	7,9
Hodnota kalového indexu	ml/g	150
Recirkulační poměr DN	-	1
Recirkulační poměr interní N2-D1	-	1,5
Hydraulické doba zdržení celý systém	H	17,26
Stáří kalu	D	28,2
Zásoba kalu v systému	Kg	23 680
Produkce kalu	kg/d	840
Dávka externího substrátu do D2	t CHSK/d	0,28
Koncentrace kyslíku v oxických částech systému	g/m ³	2
Objemové zatížení BSK ₅ (celý systém)*	kg/m ³ d	0,288
Zatížení kalu CHSK _{Cr} (celý systém)*	kg/m ³ d	0,111
Zatížení kalu BSK ₅ (celý systém)*	kg/m ³ d	0,068
Zatížení kalu N (celý systém)**	kg/m ³ d	0,014
Typ systému	zatížení	nízké

Tabulka č. 12: Hydraulické doby zdržení a kontaktu (v hod.) [27].

Reaktor	Q_{24}		Q_d	
	Doba zdržení	Doba kontaktu	Doba zdržení	Doba kontaktu
Celý systém	17,26	-	12,78	-
Reaktor D1	3,11	0,98	2,3	0,92
Reaktor N1	8,39	2,66	6,22	2,48
Reaktor D2	1,87	0,53	1,38	0,48
Reaktor N2	3,89	1,11	2,88	1,01

Hlavní důraz je kladen na dosažení odtokových parametrů v ukazateli $N_{\text{celk}} = 15 \text{ mg/l}$ a $P_{\text{celk}} = 2 \text{ mg/l}$. Modifikovaná aktivační linka bezpečně dosahuje požadovaných odtokových parametrů. Byly rozšířeny denitrifikační zóny D1 a D2 v alternativním provedení ox/anox režimu pro letní a zimní provoz. Uspořádání biologické linky v zimním provozu je s provzdušňovanou částí anodických zón.

Tabulka č. 13: Objemové rozložení kapacity reaktorů v letním a zimním provozu (m^3) [27].

Reaktor	Letní provoz		Zimní provoz	
	1 linka (m^3)	3 linky (m^3)	1 linka (m^3)	3 linky (m^3)
D1	333	1 000	200	600
N1	900	2 700	1 033	3 100
D2	200	600	155	465
N2	417	1 250	462	1 385
Celkem	1 850	5 550	1 850	5 550

Tato vybraná varianta vychází ze stejného uspořádání aktivační linky D-N-D-N jakou měla ČOV před intenzifikací. Zůstává zachován přítok odpadních vod i přítok vratných kalů. Jsou optimalizovány velikosti D-N sekcí za účelem zlepšení kvality vyčištěné odpadní vody v ukazateli N_{celk} a to zvětšením denitrifikačních sekcí na úkor sekcí nitrifikačních. Na ČOV Sokolov jsou provozovány tři shodné paralelní linky.

Mechanicky předčištěná odpadní voda je přiváděna na denitrifikaci D1, zde se mísí s aktivační směsí a vratným kalem z dosazovacích nádrží a alternativně i s kalovou vodou

z odvodňování přebytečného anaerobně stabilizovaného kalu a ze zahuštění surového kalu. V předřazené denitrifikační sekci D1 probíhá především redukce dusičnanů, které jsou přiváděny vnější recirkulací na plynný dusík a aktivační směs odtéká do nitrifikační sekce N1, kde dochází k odstranění části organického znečištění a oxidaci amoniakálního dusíku. Z nitrifikační sekce N1 odtéká aktivační směs do druhé denitrifikační sekce D2, do které je za účelem dodání potřebného organického substrátu pro průběh denitrifikace, přiváděna část mechanicky předčištěné odpadní vody. Z denitrifikační sekce D2 je přiváděna odpadní voda do poslední nitrifikační sekce N2, kde dochází k dalšímu snižování obsahu organického znečištění a k nitrifikaci zbytku amoniakálního dusíku. Interní recirkulace z nitrifikační sekce N2 do denitrifikační sekce D1 má pozitivní vliv na průběh odstraňování N_{celk} a také dávkování externího substrátu do denitrifikace D2 a zvýšení dávky síranu železitého je předpokladem správné funkce systému. Dávkuje se 40% síran železitý v průměrném množství $0,44 \text{ m}^3$ na den, tj. v dávce 89 g/m^3 a to v množství $280 \text{ kg CHSK}_{\text{Cr}}$ na den do profilu D2. Typ dávkované chemikálie se zvolí dle plánovaného režimu dávkování. Pro kontinuální provoz jsou doporučeny substráty na bázi nižších alkoholů (methanol, ethanol). Pro přerušovaný provoz pak jiné substráty, které nevyžadují dlouhodobější adaptaci aktivovaného kalu (glykoly, acetáty, aj.).

Koncentrace kyslíku ve všech oxických částech systému je řízena takovým způsobem, aby systém nebyl v deficitu ani při maximálních denních přítocích, tedy při maximálním zatížení ČOV, tj. pro dosažení minimální koncentrace rozpuštěného kyslíku 2 mg/l . Maximální potřeba vzduchu je vypočtena na $6\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ pro celý aktivační systém. Objemová intenzita aerace nesmí, ani při minimálních hodnotách průtoku vzduchu, poklesnout pod $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$ pro zajištění požadovaného stupně homogenizace aktivační směsi v biologických reaktorech.

Aktivovaný kal se od biologicky vyčištěné vody separuje ve stávajících dosazovacích nádržích. Likvidace kalové vody z odvodnění kalu je realizována standardním způsobem zavedením do přítoku nebo do přítoku na první denitrifikační sekci D1 [27].

Tato varianta byla vybrána také pro své minimální stavební zásahy, které byly nutné k funkčnímu přerozdělení objemů aktivačních nádrží. Byly odstraněny kolmé příčky, které vyčleňovaly jednotlivé sekce AN a tyto jsou nahrazeny v jiných místech novými. Zachovány byly podélné betonové příčky, rozdělující aktivační linku na tři koridory. Denitrifikační a nitrifikační nádrže jsou nově odděleny pevnými příčkami. Byla provedena sanace dna a stěn nádrží a upraveno a doplněno potrubí vnitřní recirkulace. V kalovém

hospodářství byla na odvodnění kalu osazena, namísto zastaralého síto-pásového lisu, moderní vysokootáčková odstředivka.

Proběhla celková rekonstrukce aeračního systému a do prostor denitrifikace byla nainstalována ponorná míchadla a upraven byl také řídicí systém.

Pro lepší účinnost odstraňování N došlo k novému návrhu aktivační linky v matematickém, dynamickém prostředí kalibrovaného modelu s výsledkem uspořádání - Selektor, Regenerace, Denitrifikace, Nitrifikace. (R-S-D-N), stupeň R-S je součástí ve zvolené variantě č.6 označen jako předřazená denitrifikace. Tento průtočný systém byl aplikován u všech třech paralelních sekcí.

5.2 Kogenerační jednotka

Veškerý vyrobený bioplyn je využit na výrobu elektrické energie v kogenerační jednotce. Vzhledem k průměrné produkci bioplynu a akumulaci plynu v plynojemu byla zvolena kogenerační jednotka se spotřebou bioplynu 40 až 50 m³/h a příkonem 230 až 300kW, která plně postačí na zpracování výhledové produkce bioplynu na ČOV Sokolov. Pokud bude veškerá produkce bioplynu zpracována v této kogenerační jednotce, dojde k energetické soběstačnosti ČOV Sokolov. Během zimních měsíců může dojít k tepelným deficitům, které mohou být hrazeny zemním plynem, neboť stávající plynová kotelna ČOV je vybavena dvěma kotli na zemní plyn s dostatečným výkonem [27]. Za rok se vyrobí až 400 000 kWh elektrické energie.

5.3 Hygienizace kalu

Na hygienizaci, tedy odstranění patogenů z odvodněného vyhnílého kalu je použita výhodná a relativně jednoduchá metoda hygienizace odvodněného kalu smísením s práškovým nehašeným vápnem (CaO). Na ČOV bylo potřeba nainstalovat zásobní silo na CaO a speciální dávkovací a dopravní systém, který dopraví CaO k místu smísení vápna s odvodněným kalem. Systém je dimenzován na možnost dávkování 5 až 25 % CaO na sušinu kalu, k požadované hygienizaci kalu postačí obvykle dávka 10 až 15 % CaO. Zásobní silo je umístěno před budovou odvodnění kalu a jeho skladovací kapacita bude při dávce 15 % CaO na sušinu kalu přibližně 40 dní. Dávkování CaO je navrženo podle výkonu odstředivky na rozsah dávky 30- 120 kg/h. Při dávkování nehašeného vápna do kalu vzniká amoniak, takže součástí tohoto řešení je nutně také odvětrání prostorů, kde amoniak vzniká. Provoz odstředivky i dávkování vápna je plně zautomatizováno [27].

6. Analýza, syntéza čistícího efektu před a po intenzifikaci ČOV

Na ČOV se sleduje mnoho ukazatelů znečištění odpadní vody a stanovení ukazatelů, jako je biochemická spotřeba kyslíku BSK_5 , chemická spotřeba kyslíku $CHSK_{Cr}$, koncentrace nerozpuštěných látek NL, stanovení amoniakálního dusíku nebo koncentrace celkového dusíku a fosforu je běžnou součástí chemického rozboru OV a také základním parametrem při posuzování účinnosti biologického čištění odpadních vod na ČOV [28].

6.1 Základní ukazatelé znečištění odpadní vody

Mezi sledované ukazatele znečištění patří:

- Biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5)
- Chemická spotřeba kyslíku ($CHSK_{Cr}$)
- Koncentrace dusíku (N_{celk})
- Koncentrace fosforu (P_{celk})
- Koncentrace nerozpuštěných látek (NL)
- Amoniakální dusík ($N-NH_4^+$)

6.2 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK_5)

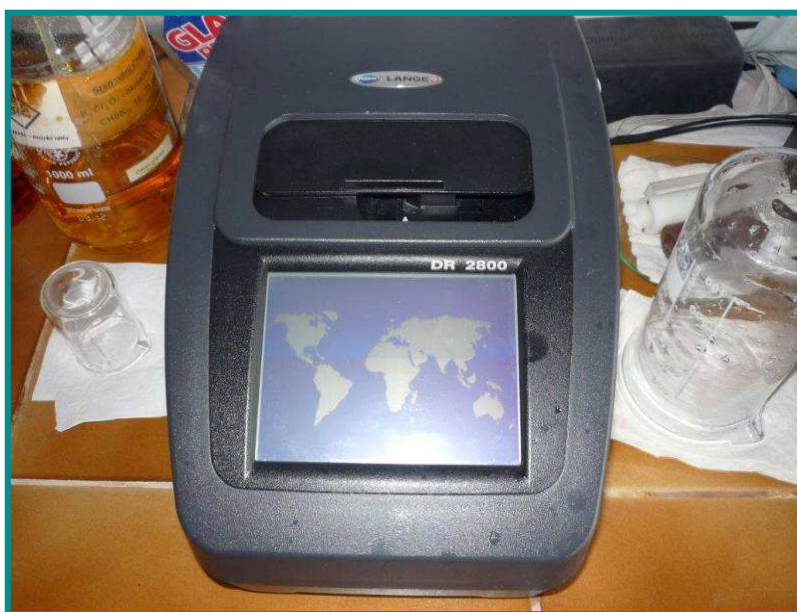
Biochemická spotřeba kyslíku BSK_5 je definována jako takové množství kyslíku v mg O_2 /litr znečištěné vody, které spotřebují mikroorganismy na biochemický rozklad organických látek přítomných ve vodě za 5 dní při 20 °C a ve tmě, aby se vyloučil vliv fotosyntézy [28], [29]. Stanovení BSK_5 probíhá titračně dle normy ČSN EN 1899-1.



Obrázek č. 16: Stanovení BSK_5 – oximetr.

6.3 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr})

Chemická spotřeba kyslíku je označována CHSK_{Cr} podle použitého oxidačního činidla, titrace se provádí odměrným roztokem dichromanu draselného. CHSK_{Cr} je spotřeba kyslíku v $\text{mg O}_2/\text{l}$ znečištěné vody, které je potřeba k oxidaci vodu znečišťujících organických látek působením oxidačních činidel za standardních podmínek [30]. Stanovení CHSK_{Cr} probíhá dle normy ČSN ISO 15705.



Obrázek č. 17: Stanovení P_{celk} a CHSK_{Cr} - fotometr.



Obrázek č. 18: Stanovení CHSK_{Cr} – mineralizátor.

6.4 Koncentrace dusíku (N_{celk})

Koncentrace celkového dusíku v odpadní vodě je dána součtem koncentrací všech dusíkatých sloučenin obsažených v této odpadní vodě. Dusíkaté sloučeniny jsou ve vodách málo stabilní a podléhají biochemickým přeměnám denitrifikaci a nitrifikaci [30], [31]. Stanovení N_{celk} podle Kjeldahla probíhá titračně dle normy ČSN EN 25 663.



Obrázek č. 19: Stanovení celkového dusíku – Kjeldahlizační zařízení.

6.5 Koncentrace fosforu (P_{celk})

Celkový fosfor, vyskytující se v odpadních vodách, se dělí na nerozpuštěný a rozpuštěný a obě tyto formy se dále dělí na anorganický a organický vázaný fosfor. Do odpadních vod se dostává fosfor z pracích a čistících prostředků. Sloučeniny dusíku a fosforu patří mezi nutriety, které ovlivňují eutrofizaci vod [30], [31]. Stanovení P_{celk} probíhá fotometricky dle normy ČSN EN ISO 6878.

6.6 Koncentrace nerozpuštěných látek (NL)

Koncentrace nerozpuštěných látek je významným ukazatelem jakosti surových odpadních vod i vyčištěných odpadních vod. Nerozpuštěné látky obsahují kolem 70 % organických látek a 30 % anorganických látek, jsou pevné látky, které se z odpadních vod mohou odstranit sedimentací nebo filtrací [31]. Stanovení probíhá dle normy ČSN EN 872.



Obrázek č. 20: Stanovení NL – filtrační zařízení.

6.7 Amoniakální dusík (N-NH_4^+)

Amoniakální dusík je produktem rozkladu organických dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu a v odpadních vodách se vyskytuje jako disociovaný ion N-NH_4^+ s nedisociovaným iontem NH_3 (v poměru 1:1), čím je voda kyslejší, tím obsahuje méně nedisociované formy. Zdrojem amoniakálního dusíku jsou převážně fekálie [31]. Stanovení N-NH_4^+ probíhá dle normy ČSN ISO 5664.

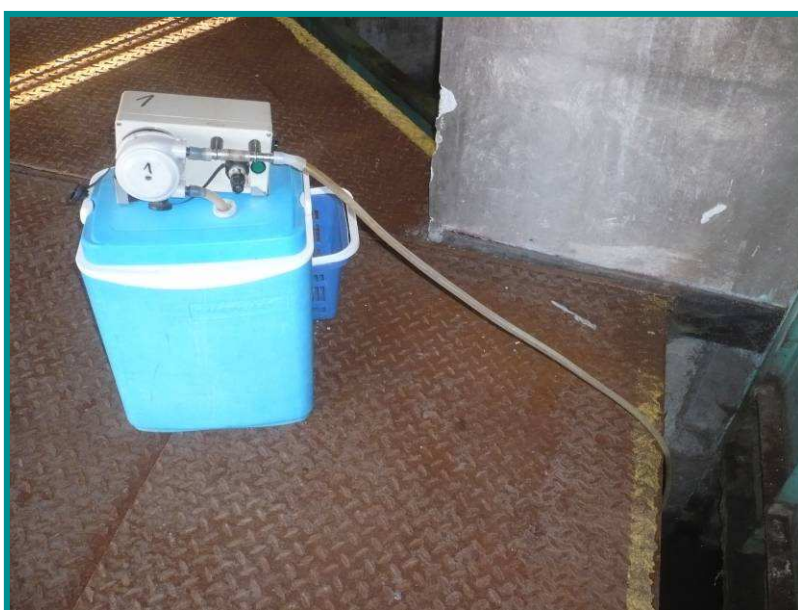


Obrázek č. 21: Stanovení amoniakálního dusíku – destilační aparatura.

6.8 Vzorkování

Rozsah a četnost odběrů na ČOV Sokolov je zpracován v Plánu kontroly a řídí se Nařízením vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění, v souladu se Zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění.

Odpadní vody jsou přiváděny dvěma stokami do haly hrubého předčištění, kde probíhá odebírání vzorků přítoku do ČOV, u kterých jsem měla možnost být přítomna. Ke vzorkování se používá automatických odběráků typu Simply sampler a odebírá se 24hodinový směsný vzorek, získaný sléváním 12ti objemově stejných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin.



Obrázek č. 22: Odebírání vzorků na přítoku na ČOV.

Vzorky na odtoku do recipientu, kterých jsem se také mohla zúčastnit, se odebírají automatickým odběrákem typu ISCO 6712 s analogovým modulem 780 a automatickým odběrákem typu Morava 99VAR. Odebírají se dva typy vzorků, prvním je 2hodinový směsný vzorek získaný sléváním osmi dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut a druhým je 24hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12ti dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru dílčího vzorku.



Obrázek č. 23: Odebírání vzorků na odtoku na ČOV.

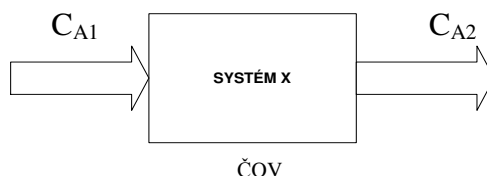
Analýzy, u kterých jsem měla možnost být přítomna, probíhají v akreditované laboratoři SČVK a.s., Laboratoř Sokolov. Kopie osvědčení o akreditaci, kde jsou uvedena označení interních postupů a normy, ze kterých vychází a podle kterých je zpracován postup odběrů a princip analýz pro jednotlivá stanovení, je přílohou DP.



Obrázek č. 24: Akreditovaná laboratoř SČVK a.s., Laboratoř Sokolov.

6.9 Účinnost procesu

Účinnost procesu E [%] je definována normou ČSN 75 6401 jako poměr mezi odstraněnou koncentrací znečišťující složky, tedy rozdíl mezi koncentrací na vstupu a výstupu z ČOV a koncentrací složky vstupující do ČOV. (viz schéma).



Obrázek č. 25: Schéma přítok (C_{A1}) a odtok (C_{A2}) na ČOV.

Účinnost odstraňování složky A v systému X se pak vypočítá podle vzorce:

$$E_A = \frac{C_{A1} - C_{A2}}{C_{A1}} \cdot 100 [\%], \quad (1)$$

kde C_{A1} je hmotnostní koncentrace složky A na vstupu do systému v mg/l a C_{A2} je hmotnostní koncentrace složky A na výstupu ze systému v mg/l.

Účinnost čištění jako emisní standart se vztahuje k přítoku do čistírny odpadních vod, tzn. že koncentrace C_{A1} představuje koncentraci složky A v surové odpadní vodě. Koncentrace na odtoku z čistírny odpadních vod představuje C_{A2} [32].

6.10 Analýza, syntéza čistícího efektu před intenzifikací

Ke zhodnocení naměřených hodnot na přítoku a odtoku na ČOV Sokolov jsem použila základní matematickou statistiku. Hlavním úkolem matematické statistiky je zpracování dat, která vykazují náhodné kolísání, tak aby se ukázala věrohodnost a svázanost jednotlivých souborů dat a jejich rozkolísanost. Součástí matematické statistiky je teorie chyb a vyrovnávací počet a všechny závěry učiněné na základě matematické statistiky mají pravděpodobnostní charakter, to znamená, že jsou zatíženy určitým stupněm nejistoty [33].

Při zpracování základní matematickou statistikou jsem pracovala s těmito veličinami [33]:

Průměr je definován jako aritmetický průměr hodnot.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2)$$

Medián je hodnota, která se nachází přesně uprostřed všech hodnot seřazených do neklesající posloupnosti-dělí soubor hodnot na dvě stejně velké části, tedy 50% hodnot je menších a 50% větších než medián.

Maximum je maximální hodnota z množiny hodnot.

Minimum je minimální hodnota z množiny hodnot.

Percentil je relativní umístění hodnoty vzhledem k ostatním posuzovaným hodnotám na stupnici do hodnoty 100, přičemž 100 je nejvyšší umístění.

Počet je počet prvků základní množiny hodnot.

Výběrová odchylka je výpočet odhadu směrodatné odchylky na N zjištěné řadě hodnot.

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N x_i^2 - N\bar{x}^2 \right)} \quad (3)$$

Rozptyl je definován jako součet kvadratických odchylek od průměru, děleným rozsahem výběru zmenšeným o 1.

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (4)$$

Směrodatná odchylka je definována jako odmocnina rozptylu, měří rozptýlenost kolem průměru.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

Variační koeficient je definován jako podíl směrodatné odchylky a průměru, lze posoudit je-li variabilita malá nebo velká. Často se udává v procentech.

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

Četnost je definována jako počet výskytu hodnot v oblasti množiny hodnot.

Relativní četnost pod $\underline{X} + 2s$ v (%) je četnost hodnot dělená počtem hodnot pod $\underline{X} + 2s$ vynásobená 100.

Šikmost udává stupeň asymetričnosti rozdělení hodnot kolem střední hodnoty.

$$\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3 \quad (7)$$

Špičatost udává, jaký průběh má rozdělení hodnot kolem zvoleného středu. Čím špičatější, tím více soustředěny kolem středu rozdělení.

$$\left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (8)$$

Ve zpracování do grafů jsem použila srovnání s mediánem, což je hodnota, která se nachází přesně uprostřed všech hodnot seřazených do neklesající posloupnosti a dělí soubor hodnot na dvě stejně velké části, tedy 50 % je menších a 50 % větších než medián.

Pro vyhodnocení látkového znečištění odpadní vody na ČOV Sokolov jsem použila výsledky odběrů za období čtyř let před intenzifikací, tedy v letech 2009 – 2012, které jsem porovnávala s výsledky odběrů z roku 2013, kdy probíhal první rok zkušebního provozu. Přílohou diplomové práce jsou tabulky, ve kterých jsem zpracovala hodnoty ukazatelů znečištění na přítoku a odtoku v letech 2009-2012, které jsem použila ke statistickému zpracování ukazatelů znečištění let 2009-2012. Z tohoto statistického zpracování jsem následně vypracovala grafické znázornění koncentračního znečištění 2009-2012 CHSK_{Cr} , BSK_5 a NL a grafické znázornění koncentračního znečištění vod 2009-2012 N-NH_4^+ , P_{celk} a N_{celk} na přítoku a totéž grafické znázornění na odtoku.

Přítoky a odtoky odpadních vod se svými statistickými tabulkami jsem pro větší přehlednost zpracovala odděleně. Ze zpracovaných tabulek a jejich porovnáním s tabulkou č. 40, kde jsou stanoveny přípustné hodnoty odtokových parametrů pro trvalý provoz nebo s tabulkou č. 29, kde je minimální přípustná účinnost čištění vypouštěných odpadních vod, vyplývá, že některé z hodnot jsou nárazově překračovány, v tabulkách jsem je označila červeně a jedná se hlavně o N_{celk} a P_{celk} . Z tohoto důvodu je tedy jasná nutnost intenzifikace ČOV Sokolov.

V tabulce č.14 jsem statisticky zpracovala ukazatele znečištění na přítoku v době před intenzifikací v roce 2009.

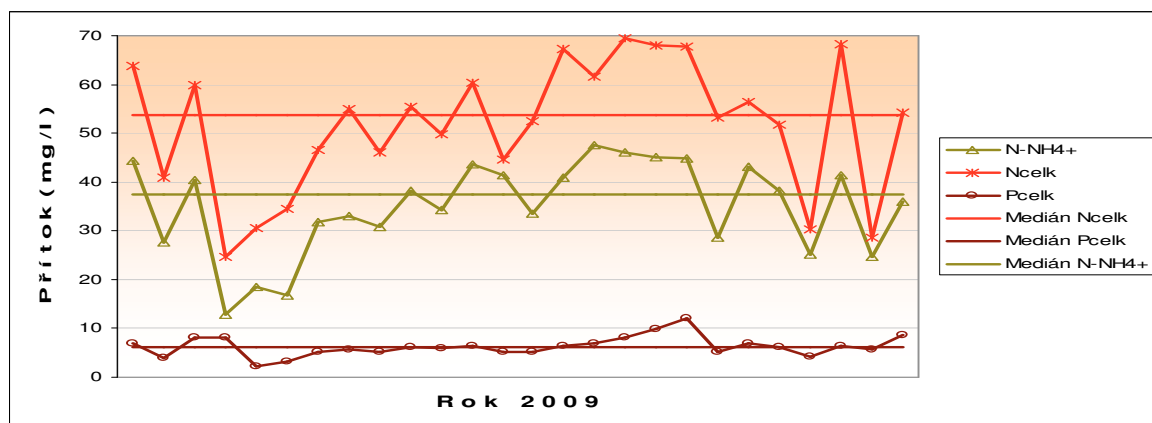
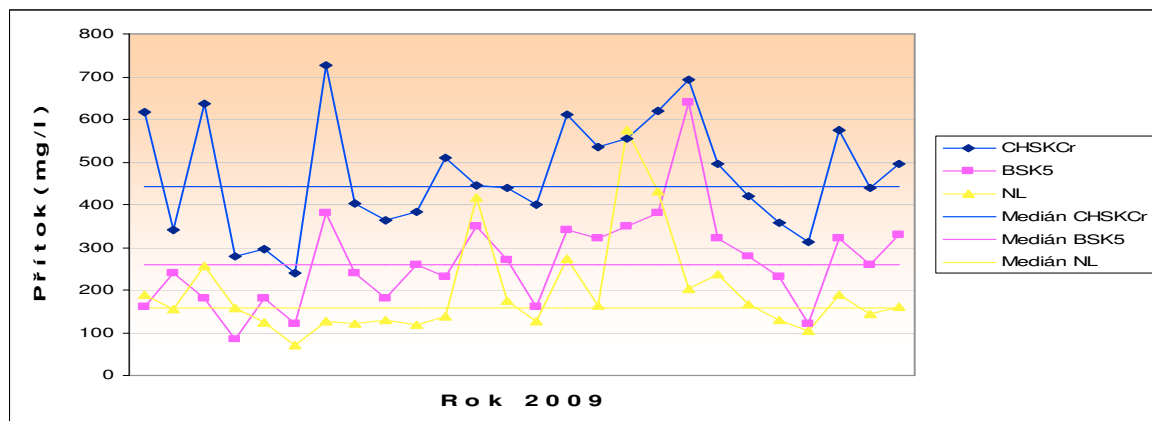
Tabulka č. 14: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku před intenzifikací v roce 2009.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	468,85	266,35	195,46	34,97	51,60	6,32
Median	443,00	260,00	159,00	37,05	53,75	6,20
Maximum	727,00	640,00	576,00	47,60	69,40	12,00
Minimum	240,00	85,00	70,00	12,90	24,60	2,30
percentil	727	640	576	47,6	69,4	12
počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	132,42	113,59	115,07	9,59	13,42	2,04
odchylka s	110,91	83,37	78,60	7,83	10,73	1,47
s/ \bar{X}	0,24	0,31	0,40	0,22	0,21	0,23
$\bar{X} + 2s$	690,67	433,09	352,66	50,62	73,06	9,25
četnost pod $\bar{X} + 2s$	24	25	23	26	26	24
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	92,3	96,2	88,5	100,0	100,0	92,3
zešíkmení	0,21	1,20	2,10	-0,77	-0,56	0,70
špičatost	-0,84	3,45	4,42	-0,22	-0,66	1,50
95%-ní percentil	678,00	380,00	426,50	45,78	68,23	9,50
90%-ní percentil	628,00	365,00	344,00	44,95	67,85	8,40

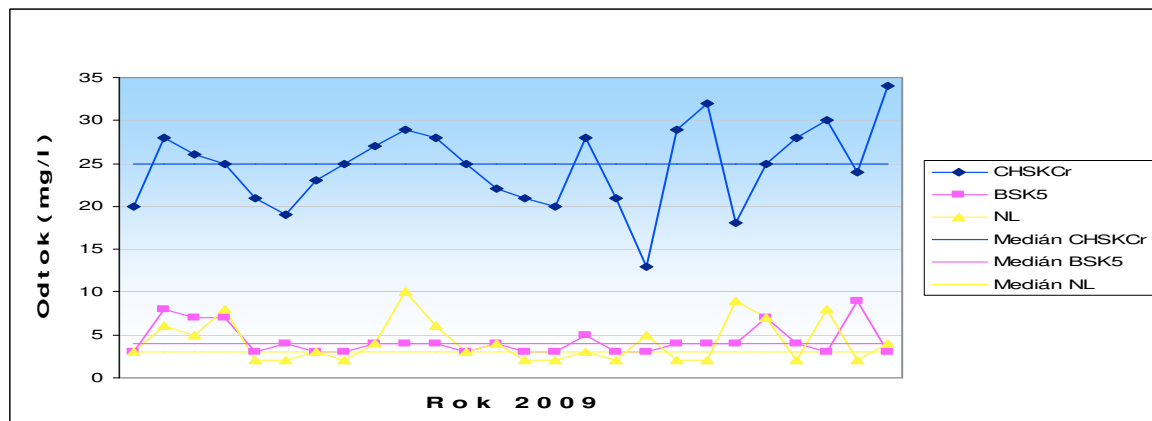
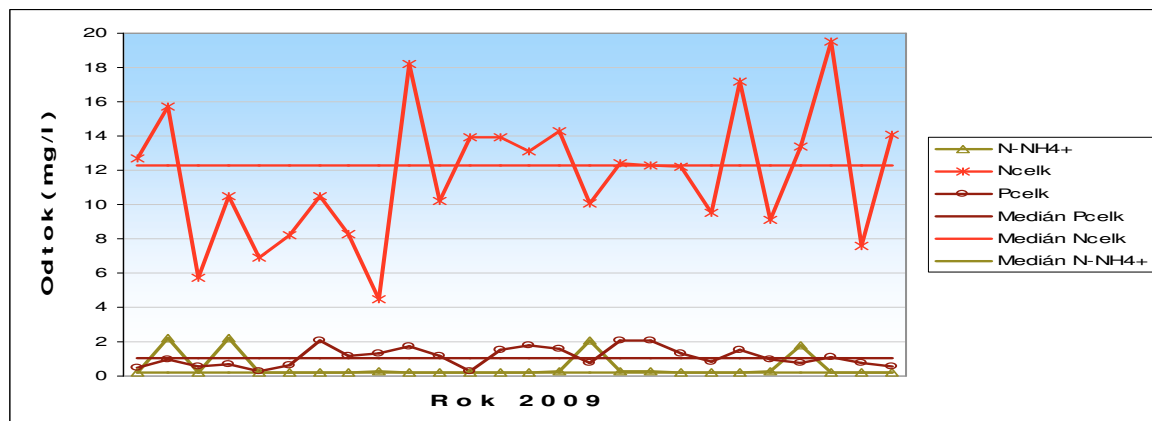
V tabulce č. 15 jsem, stejně jako u předešlé tabulky, statisticky zpracovala hodnoty ukazatelů znečištění vypouštěné vyčištěné vody na odtoku z ČOV v roce 2009.

Tabulka č. 15: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2009.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	24,65	4,31	4,15	0,51	11,69	1,12
Median	25,00	4,00	3,00	0,20	12,25	1,05
Maximum	34,00	9,00	10,00	2,20	19,50	2,10
Minimum	13,00	3,00	2,00	0,20	4,50	0,30
Percentil	34	9	10	2,2	19,5	2,1
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	4,58	1,76	2,49	0,69	3,74	0,55
odchylka s	3,78	1,32	2,05	0,48	3,02	0,46
s/ \bar{X}	0,15	0,31	0,49	0,95	0,26	0,41
$\bar{X} + 2s$	32,22	6,95	8,25	1,47	17,72	2,03
četnost pod $\bar{X} + 2s$	25	21	24	22	24	23
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	96,2	80,8	92,3	84,6	92,3	88,5
Zešíkmení	-0,30	1,49	1,00	2,06	0,13	0,38
Špičatost	0,13	1,16	-0,14	2,53	-0,28	-0,84
95%-ní percentil	31,50	7,75	8,75	2,18	17,95	2,10
90%-ní percentil	29,50	7,00	8,00	1,95	16,45	1,95



Obrázek č. 26: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2009.

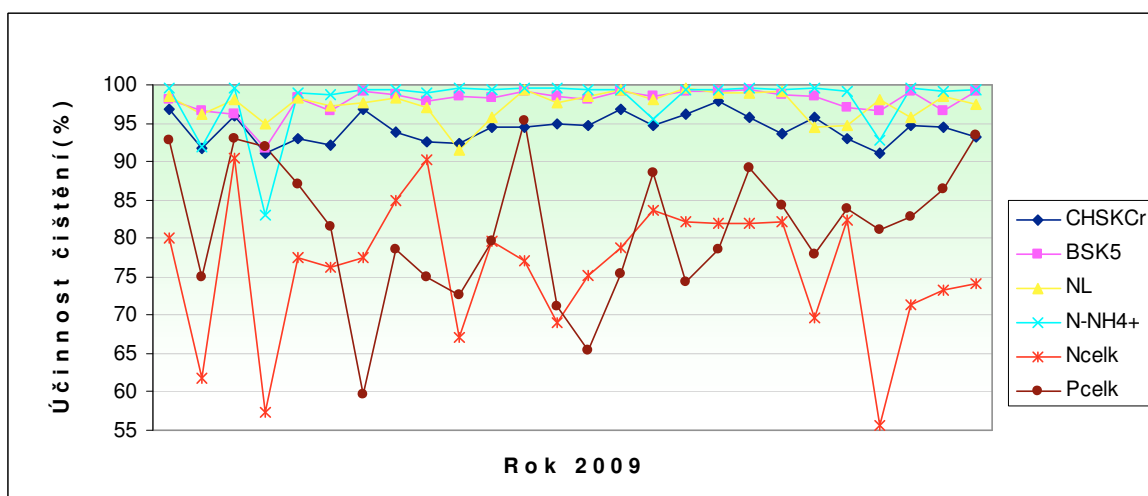


Obrázek č. 27: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2009.

Tabulka č. 16: Statistické zpracování účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2009 (%).

Účinnost E_A (%)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
5.1.2009	96,75	98,13	98,42	99,55	80,09	92,71
19.1.2009	91,76	96,67	96,15	92,00	61,71	75,00
2.2.2009	95,91	96,11	98,05	99,50	90,48	93,05
23.2.2009	91,07	91,76	94,94	82,95	57,32	91,95
2.3.2009	92,93	98,33	98,39	98,92	77,45	86,96
16.3.2009	92,08	96,67	97,14	98,81	76,23	81,52
13.4.2009	96,84	99,21	97,62	99,37	77,47	59,62
27.4.2009	93,81	98,75	98,33	99,40	84,88	78,57
18.5.2009	92,58	97,78	96,92	99,03	90,22	75,00
25.5.2009	92,45	98,46	91,53	99,48	67,15	72,58
8.6.2009	94,51	98,26	95,65	99,42	79,56	79,66
22.6.2009	94,39	99,14	99,28	99,54	77,02	95,31
13.7.2009	95,00	98,52	97,73	99,52	68,90	71,15
27.7.2009	94,74	98,13	98,44	99,40	75,10	65,38
10.8.2009	96,73	99,12	99,26	99,27	78,72	75,38
24.8.2009	94,77	98,44	98,17	95,59	83,60	88,53
7.9.2009	96,22	99,14	99,65	99,35	82,13	74,39
15.9.2009	97,90	99,21	98,84	99,33	81,91	78,57
21.9.2009	95,81	99,38	99,02	99,55	81,98	89,17
5.10.2009	93,54	98,75	99,15	99,30	82,14	84,23
19.10.2009	95,70	98,57	94,58	99,54	69,56	77,94
2.11.2009	93,00	96,96	94,62	99,21	82,43	83,87
9.11.2009	91,05	96,67	98,08	92,86	55,63	81,19
23.11.2009	94,79	99,06	95,79	99,52	71,45	82,81
7.12.2009	94,53	96,54	98,61	99,19	73,33	86,32
21.12.2009	93,13	99,09	97,50	99,44	74,03	93,49

Z grafického znázornění roku 2009 je patrná značná kolísavost účinnosti čištění a také nedodržení přípustné minimální účinnosti čištění vypouštěných odpadních vod, stanovené v tabulce 1b. v NV č.61/2003 Sb., v platném znění, především u P_{celk} a N_{celk} .



Obrázek č. 28: Grafické znázornění účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2009 (%).

V tabulce č.17 jsem statisticky zpracovala ukazatele znečištění na přítoku v době před intenzifikací v roce 2010.

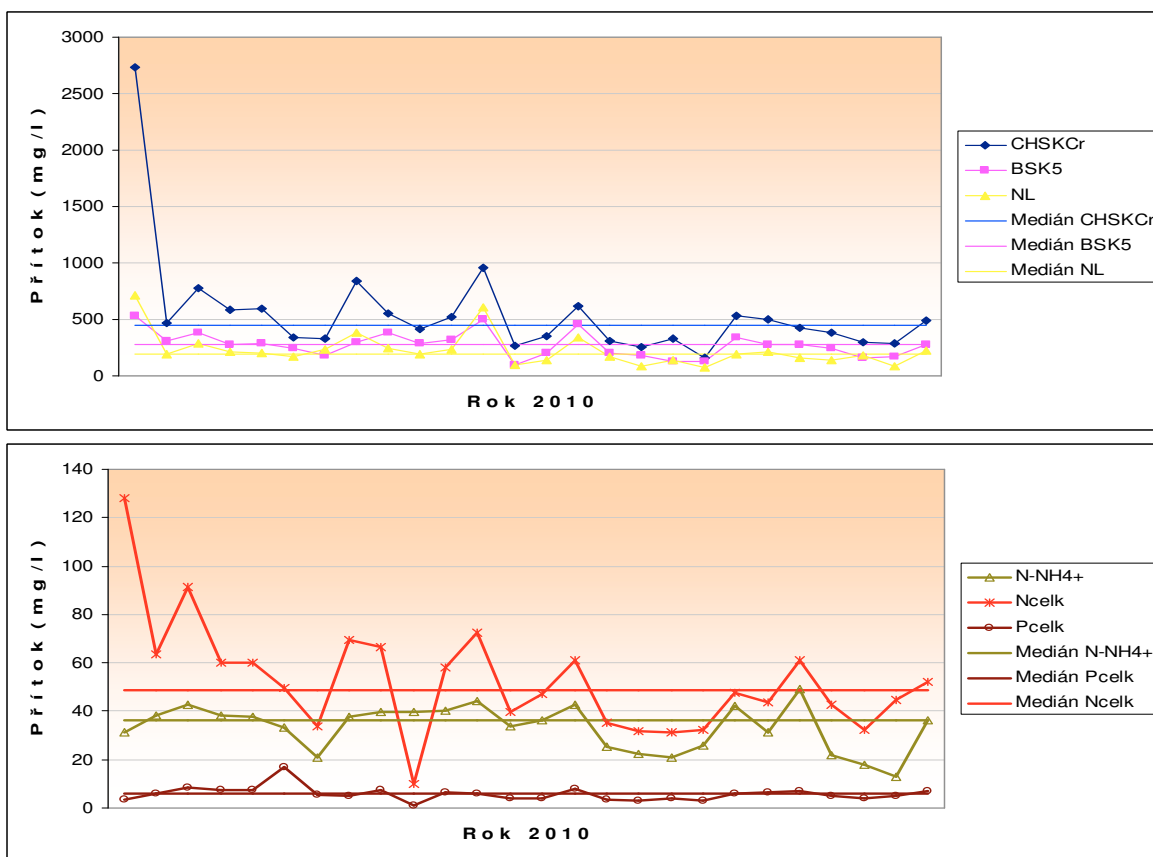
Tabulka č. 17: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2010.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	550,48	275,04	226,88	33,13	52,54	5,78
Medián	445,50	280,00	194,00	36,40	48,70	5,75
Maximum	2730,00	530,00	708,00	49,30	128,00	17,00
Minimum	162,00	96,00	78,00	12,90	10,10	0,77
Percentil	2730	530	708	49,3	128	17
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	483,01	111,29	146,39	9,39	22,88	2,94
odchylka s	250,66	83,80	94,07	7,78	16,41	1,94
s/ \bar{X}	0,46	0,30	0,41	0,23	0,31	0,34
$\bar{X} + 2s$	1051,80	442,64	415,03	48,69	85,37	9,66
četnost pod $\bar{X} + 2s$	25	23	24	25	24	25
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	96,2	88,5	92,3	96,2	92,3	96,2
Zešikmení	3,94	0,62	2,15	-0,51	1,37	2,11
Špičatost	17,78	0,14	5,02	-0,65	3,89	8,05
95%-ní percentil	927,10	375,50	394,40	45,82	68,21	8,54
90%-ní percentil	811,70	350,00	267,20	44,65	67,55	8,20

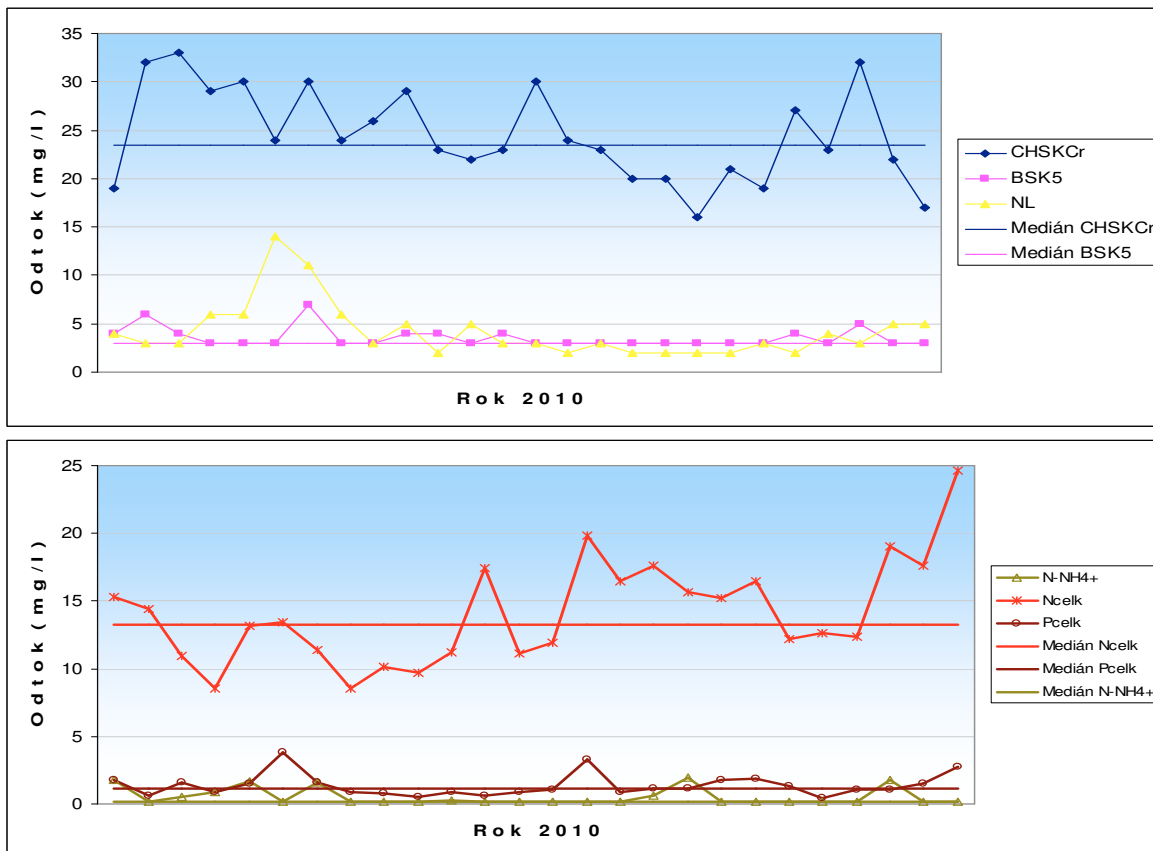
V tabulce č. 18 jsem, stejně jako v předešlé tabulce, statisticky zpracovala hodnoty ukazatelů znečištění vypouštěné vyčištěné vody na odtoku z ČOV v roce 2010.

Tabulka č. 18: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2010.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	24,54	3,58	4,19	0,56	14,10	1,38
Medián	23,50	3,00	3,00	0,20	13,30	1,15
Maximum	33,00	7,00	14,00	2,00	24,60	3,80
Minimum	16,00	3,00	2,00	0,20	8,50	0,43
Percentil	33	7	14	2	24,6	3,8
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	4,85	1,03	2,83	0,63	3,83	0,83
odchylka s	4,05	0,75	1,94	0,50	3,10	0,60
s/ \bar{X}	0,16	0,21	0,46	0,89	0,22	0,43
$\bar{X} + 2s$	32,63	5,09	8,08	1,56	20,31	2,58
četnost pod $\bar{X} + 2s$	25	24	24	21	25	23
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	96,2	92,3	92,3	80,8	96,2	88,5
Zešikmení	0,17	2,18	2,28	1,49	0,76	1,61
Špičatost	-0,98	4,75	5,83	0,52	0,67	2,54
95%-ní percentil	31,70	7,85	8,85	2,19	18,05	2,06
90%-ní percentil	29,70	7,00	8,00	2,01	16,75	1,77



Obrázek č. 29: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2010.

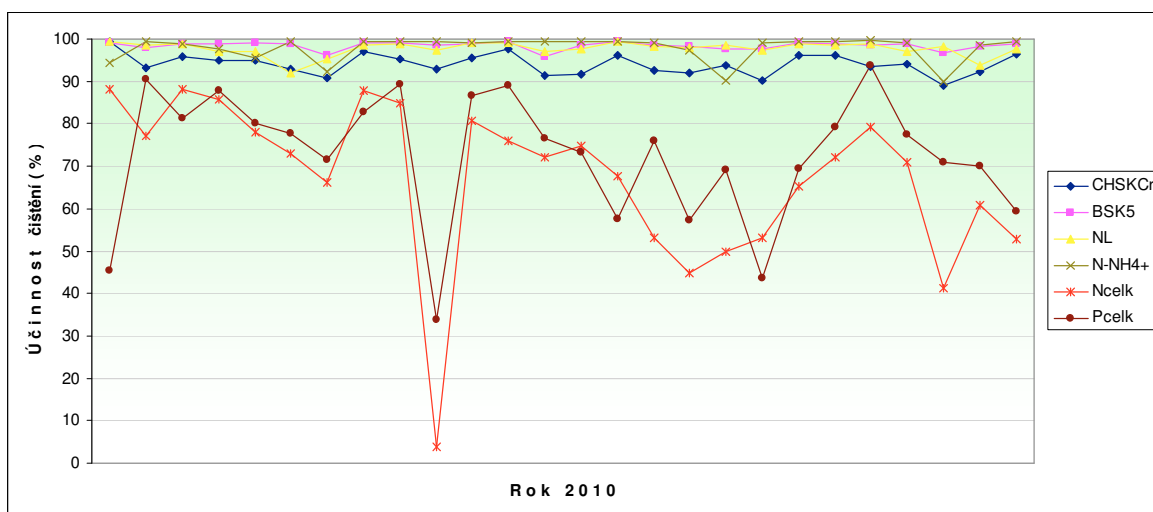


Obrázek č. 30: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2010.

Tabulka č. 19: Statistické zpracování účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2010 (%).

Účinnost E_A (%)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
4.1.2010	99,30	99,25	99,44	94,27	88,05	45,45
25.1.2010	93,19	98,06	98,47	99,48	77,25	90,49
1.2.2010	95,77	98,95	98,96	98,83	88,07	81,18
15.2.2010	95,05	98,93	97,12	97,64	85,81	87,97
24.2.2010	94,98	98,97	97,01	95,47	78,04	80,00
8.3.2010	93,00	98,80	91,95	99,40	73,09	77,65
15.3.2010	90,85	96,11	95,30	92,27	66,17	71,43
19.4.2010	97,15	99,00	98,45	99,47	87,75	82,80
26.4.2010	95,32	99,21	98,80	99,50	84,83	89,45
10.5.2010	92,93	98,62	97,37	99,50	3,96	33,77
17.5.2010	95,58	98,73	99,13	99,25	80,72	86,62
24.5.2010	97,70	99,40	99,17	99,55	76,00	88,98
7.6.2010	91,32	95,83	96,94	99,40	72,04	76,41
21.6.2010	91,57	98,50	97,76	99,45	74,68	73,17
12.7.2010	96,09	99,35	99,41	99,53	67,54	57,69
26.7.2010	92,65	98,50	98,24	99,21	53,26	76,11
9.8.2010	92,13	98,33	97,78	97,32	44,83	57,14
23.8.2010	93,87	97,69	98,55	90,34	49,84	69,23
6.9.2010	90,12	97,69	97,44	99,22	53,09	43,75
20.9.2010	96,02	99,12	98,96	99,52	65,34	69,35
11.10.2010	96,20	98,93	98,61	99,36	72,08	79,37
25.10.2010	93,59	98,57	98,78	99,59	79,34	93,77
8.11.2010	94,03	98,75	97,01	99,09	71,03	77,55
24.11.2010	89,08	96,88	98,30	89,94	41,36	71,05
13.12.2010	92,25	98,24	93,90	98,45	60,71	70,00
27.12.2010	96,55	98,93	97,73	99,45	52,87	59,42

Z grafického znázornění roku 2010 je opět patrná značná kolísavost účinnosti čištění a také nedodržení přípustné minimální účinnosti čištění vypouštěných odpadních vod, stanovené v tabulce 1b. v NV č.61/2003 Sb., v platném znění, především u P_{celk} a N_{celk} .



Obrázek č. 31: Grafické znázornění účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2010 (%).

V tabulce č.20 jsem statisticky zpracovala ukazatele znečištění na přítoku v době před intenzifikací v roce 2011.

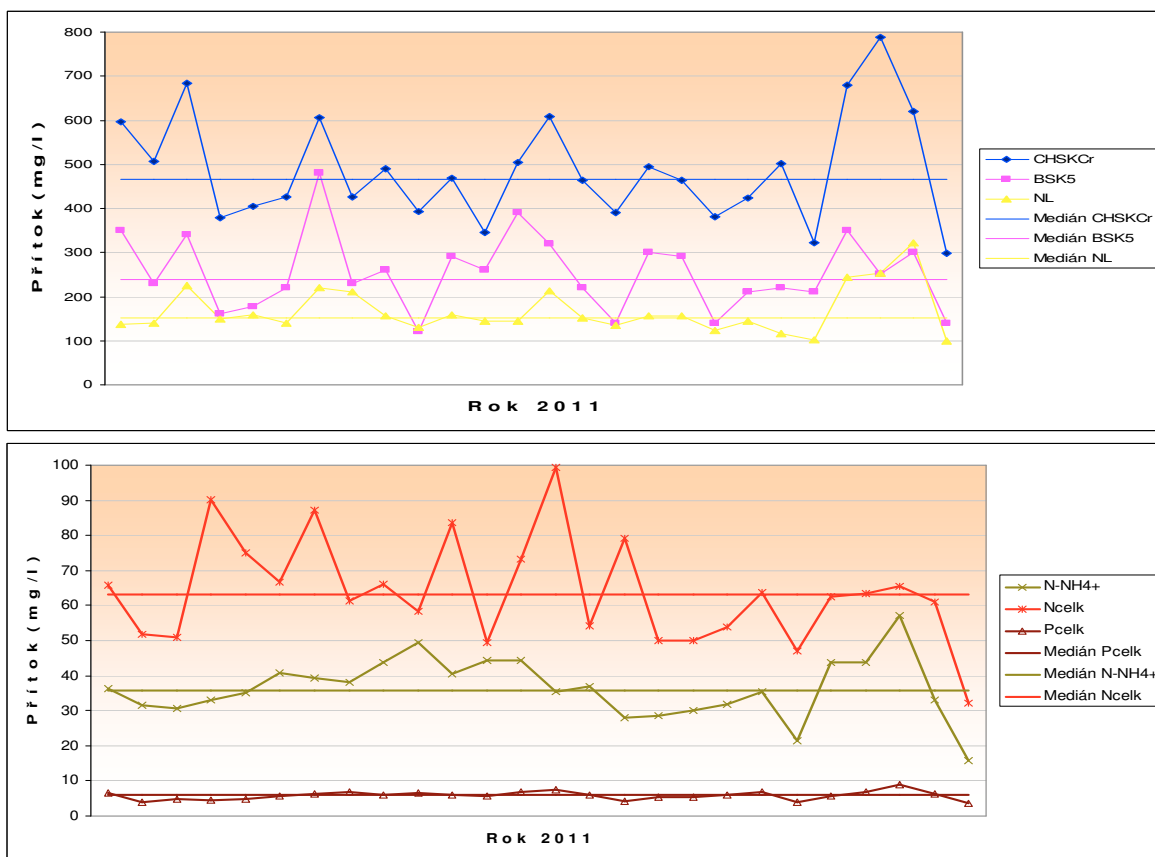
Tabulka č. 20: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2011.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	487,23	253,77	166,54	36,47	63,90	5,78
Medián	467,00	240,00	151,00	35,85	62,95	5,95
Maximum	789,00	480,00	322,00	57,20	99,40	8,80
Minimum	299,00	120,00	100,00	15,70	32,10	3,50
Percentil	789,00	480,00	322,00	57,20	99,40	8,80
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	121,57	86,42	52,29	8,62	15,23	1,21
odchylka s	94,86	68,06	40,17	6,48	11,45	0,92
s/X	0,19	0,27	0,24	0,18	0,18	0,16
$\bar{X} + 2s$	676,96	389,89	246,88	49,42	86,79	7,62
četnost pod $\bar{X} + 2s$	23	24	24	25	23	25
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	88,5	92,3	92,3	96,2	88,5	96,2
Zešikmení	0,71	0,59	1,35	-0,07	0,46	0,05
Špičatost	0,08	0,40	1,77	1,02	0,28	0,40
95%-ní percentil	682,00	380,00	251,50	48,05	89,45	7,20
90%-ní percentil	649,50	350,00	235,00	44,30	85,45	6,85

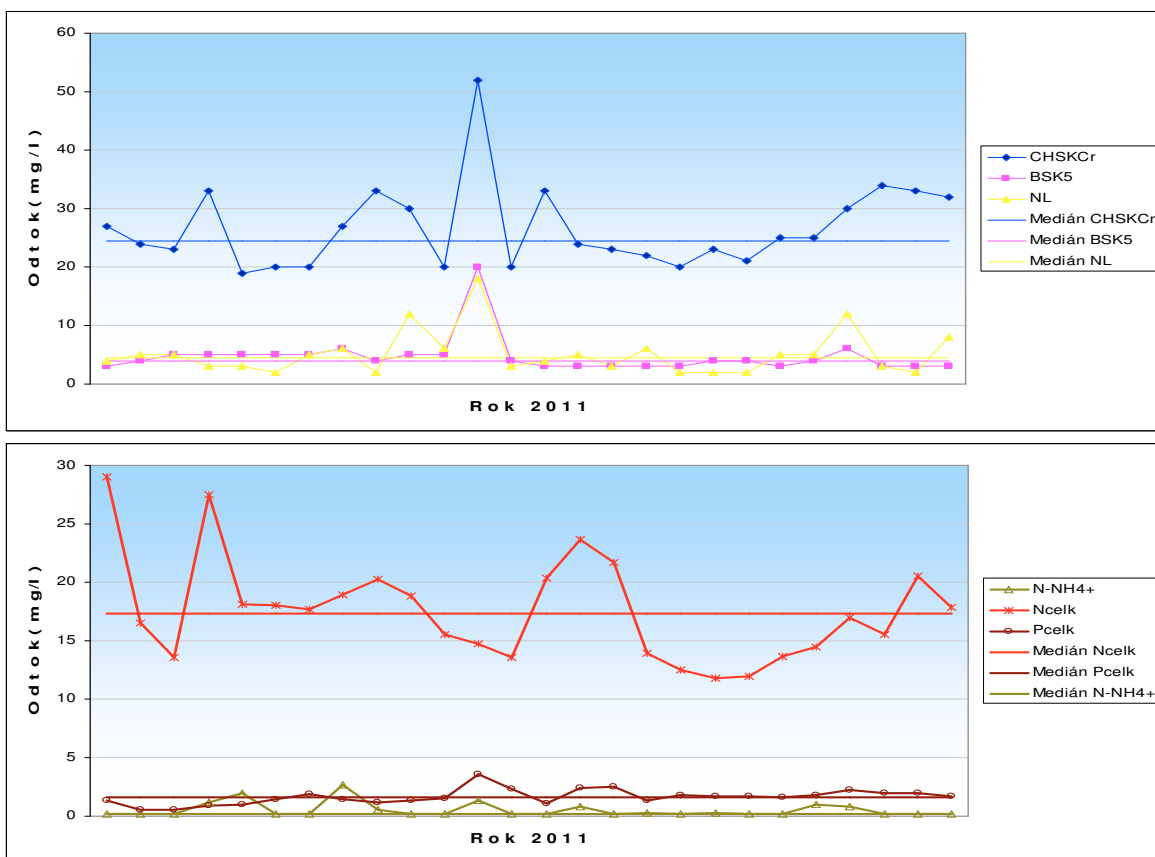
V tabulce č. 21 jsem, stejně jako u předešlé tabulky, statisticky zpracovala hodnoty ukazatelů znečištění vypouštěné vyčištěné vody na odtoku z ČOV v roce 2011, z tabulky je patrné, že byla překročena průměrná koncentrace N_{celk}.

Tabulka č. 21: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2011.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	26,65	4,65	5,12	0,54	17,59	1,64
Medián	24,50	4,00	4,50	0,20	17,35	1,65
Maximum	52,00	20,00	18,00	2,70	29,00	3,60
Minimum	19,00	3,00	2,00	0,20	11,80	0,50
Percentil	52,00	20,00	18,00	2,70	29,00	3,60
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	7,22	3,29	3,77	0,64	4,42	0,65
odchylka s	5,45	1,57	2,48	0,46	3,37	0,48
s/X	0,20	0,34	0,48	0,85	0,19	0,29
$\bar{X} + 2s$	37,55	7,80	10,07	1,47	24,33	2,60
četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	25	25	23	24	24	25
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	96,2	96,2	88,5	92,3	92,3	96,2
Zešikmení	1,79	4,36	2,10	2,24	1,01	0,84
Špičatost	4,83	20,85	4,89	4,98	0,90	2,09
95%-ní percentil	33,75	6,00	12,00	1,83	26,55	2,48
90%-ní percentil	33,00	5,50	10,00	1,25	22,70	2,35



Obrázek č. 32: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2011.

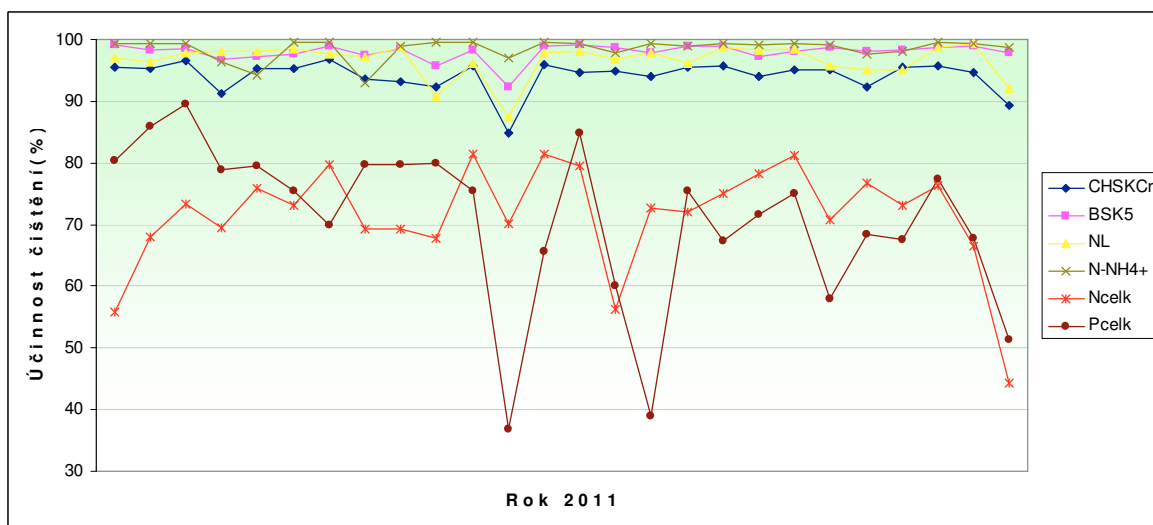


Obrázek č. 33: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2011.

Tabulka č. 22: Statistické zpracování účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2011 (%).

Účinnost E_A (%)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
3.1.2011	95,48	99,14	97,10	99,45	55,86	80,30
24.1.2011	95,27	98,26	96,43	99,36	68,09	86,00
7.2.2011	96,63	98,53	97,79	99,35	73,33	89,58
21.2.2011	91,27	96,88	98,00	96,37	69,51	78,86
26.2.2010	95,31	97,19	98,11	94,32	75,90	79,59
14.3.2011	95,31	97,73	98,57	99,51	73,01	75,44
28.3.2011	96,69	98,96	97,73	99,49	79,70	69,84
11.4.2011	93,68	97,39	97,14	92,91	69,22	79,71
18.4.2011	93,27	98,46	98,72	98,86	69,24	79,66
9.5.2011	92,37	95,83	90,77	99,59	67,81	80,00
23.5.2011	95,74	98,28	96,20	99,50	81,48	75,41
6.6.2011	84,93	92,31	87,50	97,07	70,18	36,84
27.6.2011	96,04	98,97	97,92	99,55	81,40	65,67
11.7.2011	94,58	99,06	98,11	99,43	79,48	84,93
25.7.2011	94,82	98,64	96,71	97,84	56,27	60,00
8.8.2011	94,12	97,86	97,76	99,29	72,60	39,02
22.8.2011	95,56	99,00	96,15	98,95	72,14	75,47
28.8.2010	95,70	98,97	98,73	99,34	75,05	67,27
6.9.2011	93,98	97,14	98,36	99,06	78,15	71,67
26.9.2011	95,05	98,10	98,61	99,43	81,13	75,00
10.10.2011	95,01	98,64	95,69	99,06	70,85	57,89
24.10.2011	92,21	98,10	95,10	97,71	76,84	68,42
14.11.2011	95,58	98,29	95,08	98,17	73,14	67,65
21.11.2011	95,69	98,80	98,82	99,65	76,30	77,27
13.12.2011	94,68	99,00	99,38	99,40	66,39	67,74
21.12.2011	89,30	97,86	92,00	98,73	44,24	51,43

Z grafického znázornění roku 2011 je opět patrná značná kolísavost účinnosti čištění a také nedodržení přípustné minimální účinnosti čištění vypouštěných odpadních vod, stanovené v tabulce 1b. v NV č.61/2003 Sb., v platném znění, u P_{celk} a N_{celk} .



Obrázek č. 34: Grafické znázornění účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2011(%).

V tabulce č.23 jsem statisticky zpracovala ukazatele znečištění na přítoku v době před intenzifikací v roce 2012.

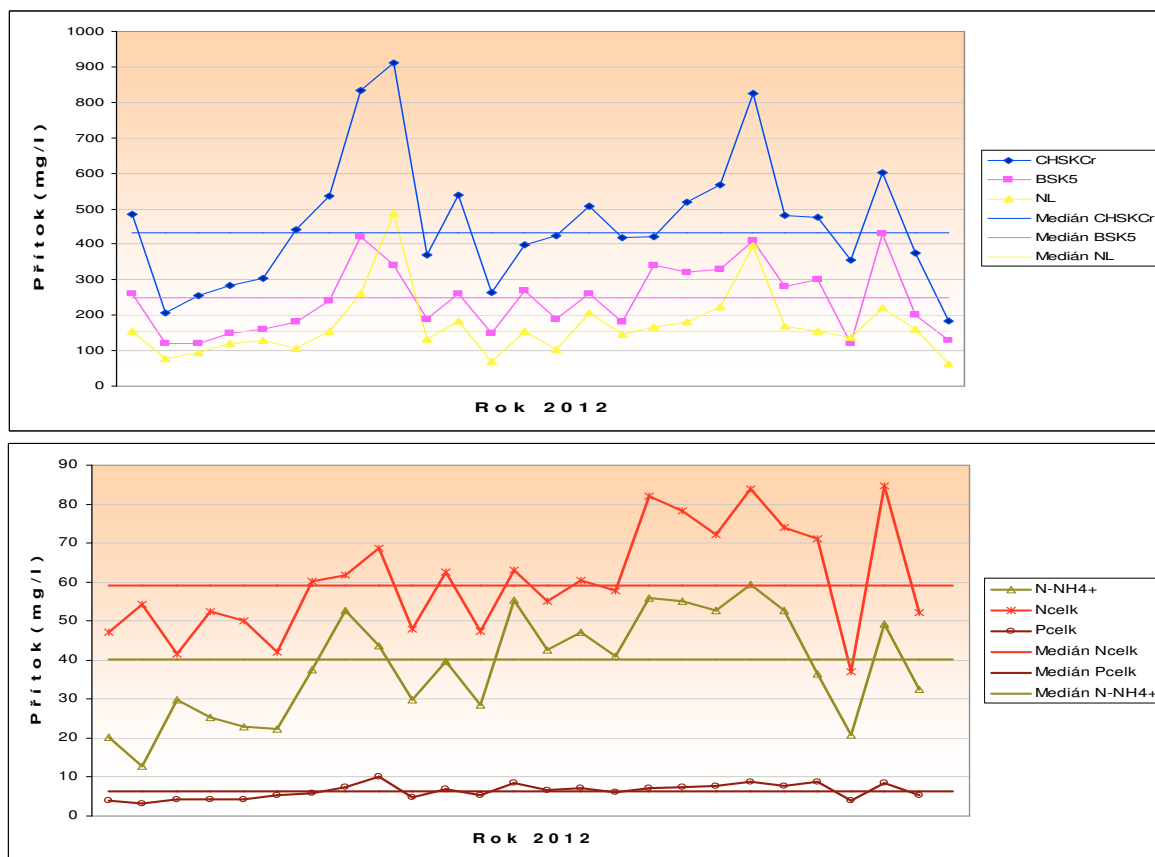
Tabulka č. 23: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2012.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	460,81	244,23	171,38	38,72	60,22	6,38
Medián	432,00	250,00	156,00	40,10	59,00	6,50
Maximum	911,00	430,00	488,00	59,40	84,80	10,00
Minimum	184,00	120,00	62,00	12,90	36,90	3,20
Percentil	911	430	488	59,4	84,8	10
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	183,52	96,01	93,75	13,31	13,45	1,82
odchylka s	134,87	80,38	60,69	11,21	10,80	1,54
s/ \bar{X}	0,29	0,33	0,35	0,29	0,18	0,24
$\bar{X} + 2s$	730,55	405,00	292,76	61,14	81,83	9,45
četnost pod $\bar{X} + 2s$	23	23	24	26	23	25
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	88,5	88,5	92,3	100,0	88,5	96,2
Zešikmení	0,92	0,44	2,06	-0,18	0,30	0,06
Špičatost	0,85	-0,81	5,17	-1,11	-0,72	-0,94
95%-ní percentil	832,00	417,50	361,00	55,88	83,53	8,78
90%-ní percentil	713,50	375,00	243,00	55,25	80,15	8,65

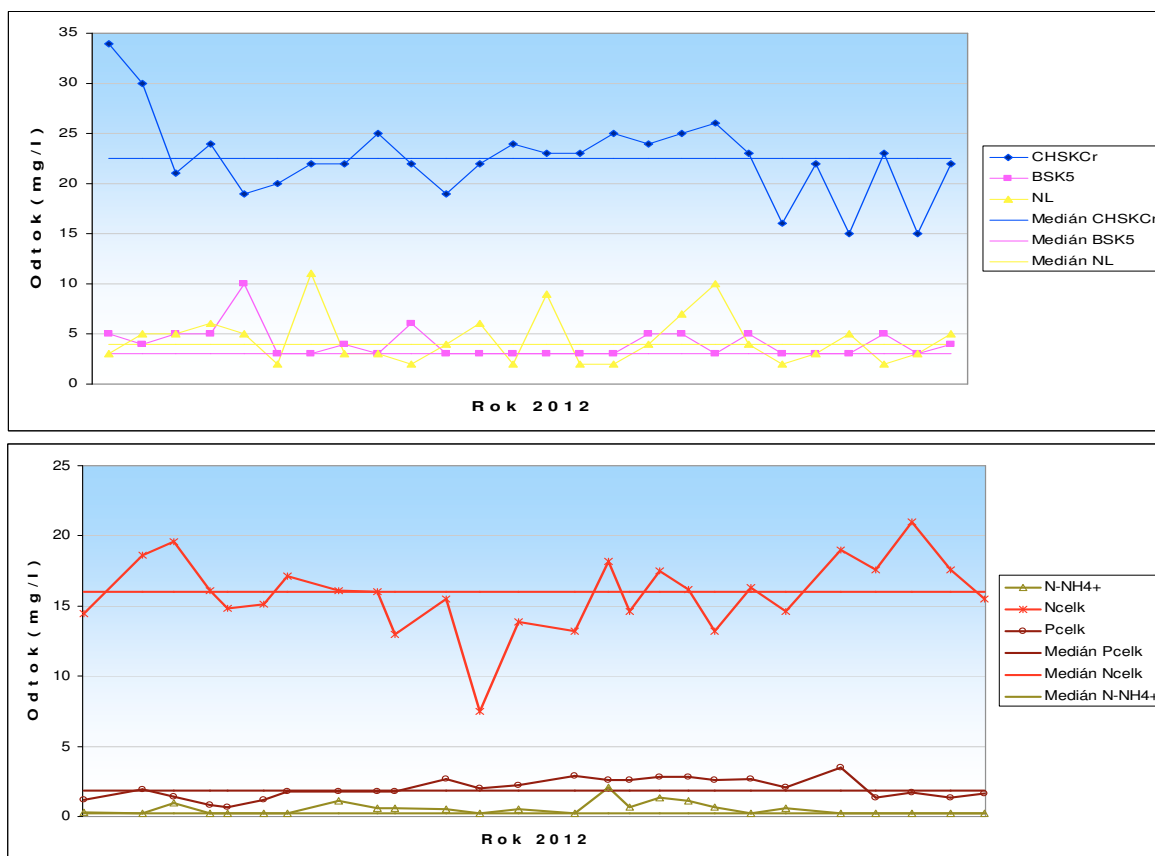
V tabulce č. 24 jsem, stejně jako v předešlé tabulce, statisticky zpracovala hodnoty ukazatelů znečištění vypouštěné vyčištěné vody na odtoku z ČOV v roce 2012, z tabulky je patrné, že byla mírně překročena průměrná koncentrace N_{celk}.

Tabulka č. 24: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2012.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	22,54	4,04	4,42	0,53	15,86	1,99
Medián	22,50	3,00	4,00	0,25	16,05	1,85
Maximum	34,00	10,00	11,00	2,10	21,00	3,50
Minimum	15,00	3,00	2,00	0,20	7,50	0,64
Percentil	34	10	11	2,1	21	3,5
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	4,08	1,56	2,53	0,47	2,66	0,71
odchylka s	2,77	1,13	1,95	0,35	1,91	0,59
s/ \bar{X}	0,12	0,28	0,44	0,66	0,12	0,29
$\bar{X} + 2s$	28,08	6,29	8,32	1,22	19,69	3,16
četnost pod $\bar{X} + 2s$	24	25	23	24	25	25
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	92,3	96,2	88,5	92,3	96,2	96,2
Zešikmení	0,49	2,39	1,24	1,86	-0,90	0,07
Špičatost	1,97	7,73	1,05	3,93	2,87	-0,60
95%-ní percentil	29,00	5,75	9,75	1,25	19,45	2,88
90%-ní percentil	25,50	5,00	8,00	1,10	18,80	2,80



Obrázek č. 35: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2012.

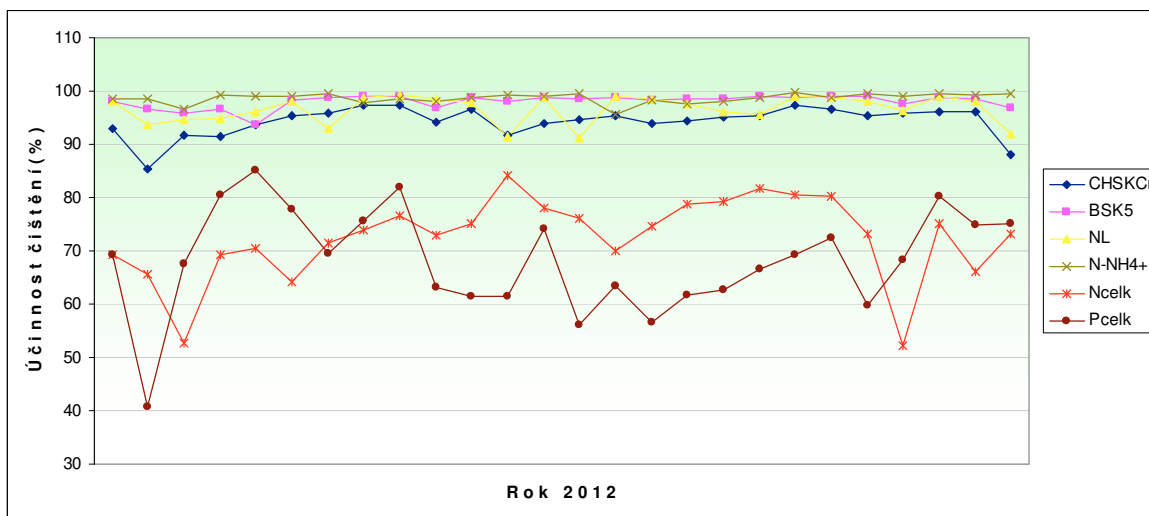


Obrázek č. 36: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2012.

Tabulka č. 25: Statistické zpracování účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2012 (%).

Účinnost E_A (%)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
2.1.2012	92,99	98,08	98,08	98,51	69,28	69,23
25.1.2012	85,37	96,67	93,59	98,45	65,68	40,63
6.2.2012	91,76	95,83	94,68	96,63	52,77	67,44
20.2.2012	91,52	96,67	95,00	99,21	69,33	80,48
27.2.2012	93,77	93,75	96,15	99,13	70,46	85,12
12.3.2012	95,46	98,33	98,10	99,11	64,05	77,78
21.3.2012	95,89	98,75	92,95	99,47	71,55	69,49
10.4.2012	97,36	99,05	98,85	97,91	73,99	75,68
25.4.2012	97,26	99,12	99,39	98,63	76,68	82,00
2.5.2012	94,07	96,84	98,50	97,98	72,92	63,27
22.5.2012	96,48	98,85	97,83	98,74	75,20	61,43
4.6.2012	91,70	98,00	91,43	99,30	84,18	61,54
19.6.2012	93,98	98,89	98,70	99,10	78,01	74,12
11.7.2012	94,56	98,42	91,18	99,53	76,00	56,06
24.7.2012	95,46	98,85	99,03	95,54	69,92	63,38
1.8.2012	94,02	98,33	98,63	98,29	74,74	56,67
13.8.2012	94,30	98,53	97,59	97,68	78,68	61,64
24.8.2012	95,19	98,44	96,11	98,00	79,28	62,67
3.9.2012	95,41	99,09	95,54	98,67	81,72	66,67
17.9.2012	97,22	98,78	98,98	99,66	80,60	69,32
1.10.2012	96,67	98,93	98,82	98,86	80,30	72,37
22.10.2012	95,39	99,00	98,08	99,45	73,24	59,77
5.11.2012	95,76	97,50	96,38	99,03	52,30	68,29
19.11.2012	96,17	98,84	99,10	99,59	75,24	80,23
4.12.2012	95,99	98,50	98,13	99,38	66,22	75,00
17.12.2012	88,04	96,92	91,94	99,50	73,23	75,00

Z grafického znázornění roku 2012 je opět patrná značná kolísavost účinnosti čištění a také nedodržení přípustné minimální účinnosti čištění vypouštěných odpadních vod, stanovené v tabulce 1b. v NV č.61/2003 Sb., v platném znění, u P_{celk} a N_{celk} .



Obrázek č. 37: Grafické znázornění účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2012.

V následujících tabulkách jsem vypočítala z přítokových a odtokových hodnot pololetní mediány, které jsem následně použila pro výpočet účinnosti čistícího procesu na ČOV Sokolov v letech 2009-2012.

Tabulka č. 26: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – medián přítoku (mg/l).

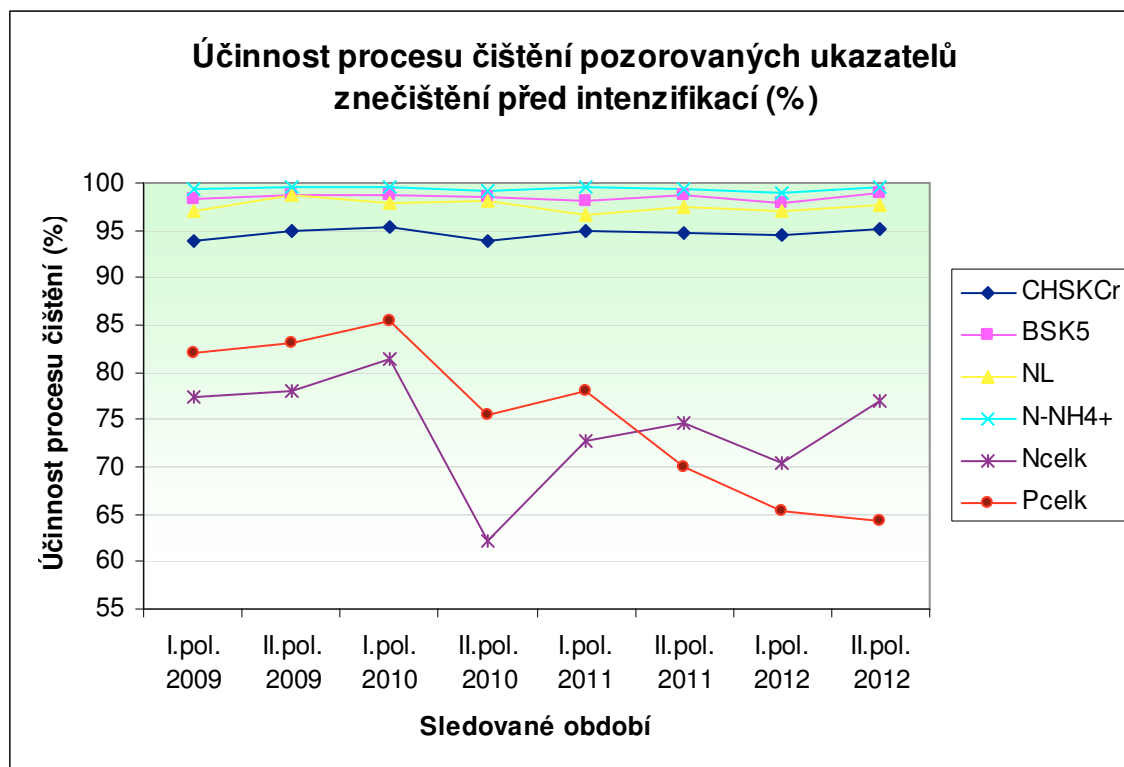
Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
I.pol. 2009	404,00	230,00	138,00	33,10	46,60	5,60
II.pol. 2009	495,00	320,00	166,00	40,90	56,50	6,50
I.pol. 2010	556,00	300,00	230,00	38,10	60,10	6,10
II.pol. 2010	356,00	200,00	164,00	25,80	43,70	4,90
I.pol. 2011	469,00	260,00	150,00	39,20	66,00	5,90
II.pol. 2011	465,00	220,00	152,00	33,10	61,00	6,00
I.pol. 2012	399,00	190,00	133,00	29,70	52,50	5,20
II.pol. 2012	477,00	280,00	166,00	47,10	71,00	7,30

Tabulka č. 27: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – medián odtoku (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
I.pol. 2009	25,00	4,00	4,00	0,20	10,50	1,00
II.pol. 2009	25,00	4,00	2,00	0,20	12,40	1,10
I.pol. 2010	26,00	4,00	5,00	0,20	11,20	0,89
II.pol. 2010	22,00	3,00	3,00	0,20	16,50	1,20
I.pol. 2011	24,00	5,00	5,00	0,20	18,00	1,30
II.pol. 2011	25,00	3,00	4,00	0,20	15,50	1,80
I.pol. 2012	22,00	4,00	4,00	0,30	15,50	1,80
II.pol. 2012	23,00	3,00	4,00	0,20	16,30	2,60

Tabulka č. 28: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – účinnost čištění před intenzifikací (%).

Účinnost E _A (%)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
I.pol. 2009	93,81	98,26	97,10	99,40	77,47	82,14
II.pol. 2009	94,95	98,75	98,80	99,51	78,05	83,08
I.pol. 2010	95,32	98,67	97,83	99,48	81,36	85,41
II.pol. 2010	93,82	98,50	98,17	99,22	62,24	75,51
I.pol. 2011	94,88	98,08	96,67	99,49	72,73	77,97
II.pol. 2011	94,62	98,64	97,37	99,40	74,59	70,00
I.pol. 2012	94,49	97,89	96,99	98,99	70,48	65,38
II.pol. 2012	95,18	98,93	97,59	99,58	77,04	64,38



Obrázek č. 38: Graf účinnosti čistícího procesu před intenzifikací na ČOV v letech 2009-2012.

Obrázek č. 38 ukazuje účinnost čištění v letech 2009-2012, je zřejmé, stejně jako z grafů jednotlivých let, že poměrně často nebyla v těchto letech dodržena přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod, která je stanovena v tabulce 1b. v Nařízení vlády č.61/2003 Sb., v platném znění, u P_{celk} a N_{celk} . Tabulka č. 37 ukazuje přípustnou minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod pro velikost čistíren velikosti ČOV Sokolov.

Tabulka č. 29: Emisní standardy-přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných OV (%) [8].

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr} (%)	BSK ₅ (%)	N-NH ₄ ⁺ (%)	N _{celk} (%)	P _{celk} (%)
10 001 - 100 000	75	85	-	70	80

6.11 Analýza, syntéza čistícího efektu po intenzifikaci ČOV

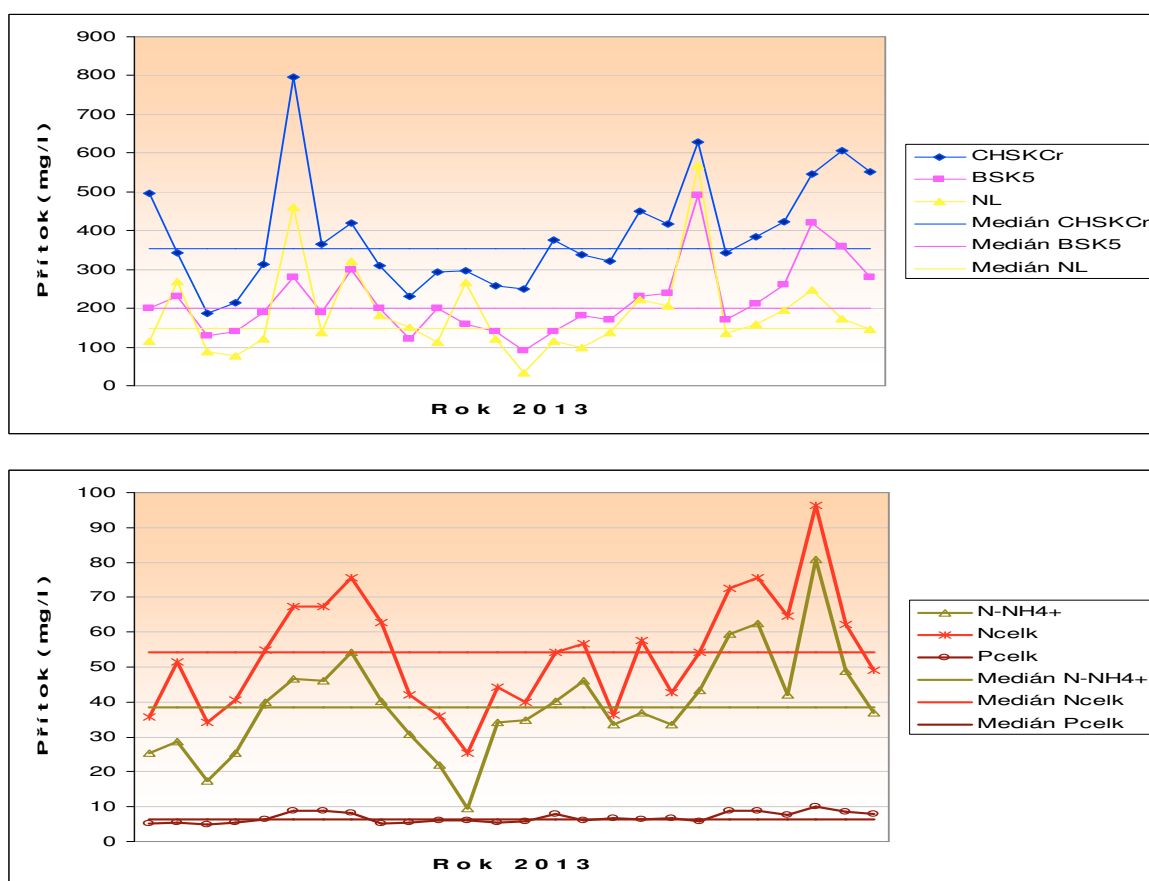
Během minulého roku 2013, kdy proběhl první rok zkušebního provozu po intenzifikaci, byly naměřeny hodnoty látkového znečištění, které jsem zpracovala do následujících tabulek. Přítok odpadních vod a odtok vyčištěných odpadních vod se svými statistickými tabulkami jsem pro větší přehlednost zpracovala odděleně. Ze zpracovaných tabulek a jejich porovnáním s tabulkou č. 39, kde je přehled přípustných, maximálních a průměrných hodnot odtokových parametrů znečištění CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL , N-NH_4^+ , N_{celk} a P_{celk} po dobu zkušebního provozu vyplývá, že jsou splněny požadavky na tyto ukazatele, které jsou stanoveny v ROZHODNUTÍ Krajského úřadu Karlovarského kraje, odboru životního prostředí a zemědělství o vydání stavebního povolení „Sokolov-intenzifikace ČOV“ a vydání povolení s nakládáním s vodami, k vypouštění odpadních vod do vod povrchových, kde byly na dobu výstavby, dobu zkušebního provozu a dobu pro trvalý provoz stanoveny přípustné, maximální a průměrné hodnoty znečištění OV v souladu s ustanovením §38 odst. 9 vodního zákona a s NV č. 61/2003 Sb., v platném znění.

Tabulka č. 30: Přítok OV na ČOV Sokolov v roce 2013 (mg/l).

Datum odběru	CHSK_{Cr}	BSK_5	NL	N-NH_4^+	N_{celk}	P_{celk}
3.1.2013	496	200	116	25,2	35,7	5,3
15.1.2013	344	230	268	28,6	51,6	5,4
4.2.2013	187	130	88	17,4	34,1	5
19.2.2013	215	140	76	25,2	40,7	5,5
11.3.2013	312	190	120	39,8	55	6,5
25.3.2013	795	280	462	46,5	67,3	8,8
2.4.2013	365	190	136	46	67,3	8,8
16.4.2013	421	300	320	54,4	75,7	8,2
28.4.2013	310	200	180	40,2	62,8	5,3
8.5.2013	230	120	150	30,8	42	5,4
21.5.2013	294	200	112	21,9	35,9	6,2
3.6.2013	297	160	266	9,5	25,3	6
17.6.2013	257	140	122	34,2	44,3	5,5
1.7.2013	250	90	34	34,7	39,8	5,9
22.7.2013	376	140	114	40,3	54,4	7,8
5.8.2013	337	180	98	46	56,6	6,1
19.8.2013	320	170	138	33,6	36,4	6,8
2.9.2013	451	230	222	37	57,7	6,4
24.9.2013	418	240	206	33,6	42,6	6,7
1.10.2013	627	490	568	43,2	54,4	5,9
14.10.2013	344	170	134	59,4	72,5	8,8
28.10.2013	385	210	160	62,5	75,5	8,7
11.11.2013	422	260	196	42	64,5	7,6
25.11.2013	545	420	248	80,7	96,4	10
2.12.2013	607	360	174	48,8	62,2	8,5
17.12.2013	552	280	145	37	49	8

Tabulka č. 31: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2013.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	390,65	220,00	186,65	39,17	53,83	6,89
Medián	354,50	200,00	147,50	38,40	54,40	6,45
Maximum	795,00	490,00	568,00	80,70	96,40	10,00
Minimum	187,00	90,00	34,00	9,50	25,30	5,00
Percentil	795	490	568	80,7	96,4	10
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	143,27	92,91	117,76	14,86	16,34	1,44
odchylka s	109,80	68,46	82,78	10,81	12,97	1,26
s/X	0,28	0,31	0,44	0,28	0,24	0,18
$\bar{X} + 2s$	610,26	356,92	352,21	60,80	79,78	9,40
četnost pod $\bar{X} + 2s$	24	23	24	24	25	25
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	92,3	88,5	92,3	92,3	96,2	96,2
Zešíkmení	1,06	1,37	1,89	0,64	0,54	0,51
Špičatost	1,16	2,05	4,09	1,50	0,30	-1,01
95%-ní percentil	622,00	405,00	426,50	61,73	75,65	8,80
90%-ní percentil	579,50	330,00	294,00	56,90	74,00	8,80



Obrázek č. 39: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2013.

Hodnoty přítoku se během posledních několika let výrazně nemění. Na kanalizaci není napojen žádný znečišťovatel, který by hodnoty významně zvyšoval, neboť chemické závody, sídlící přímo vedle ČOV Sokolov, mají svoji vlastní čistírnu odpadních vod.

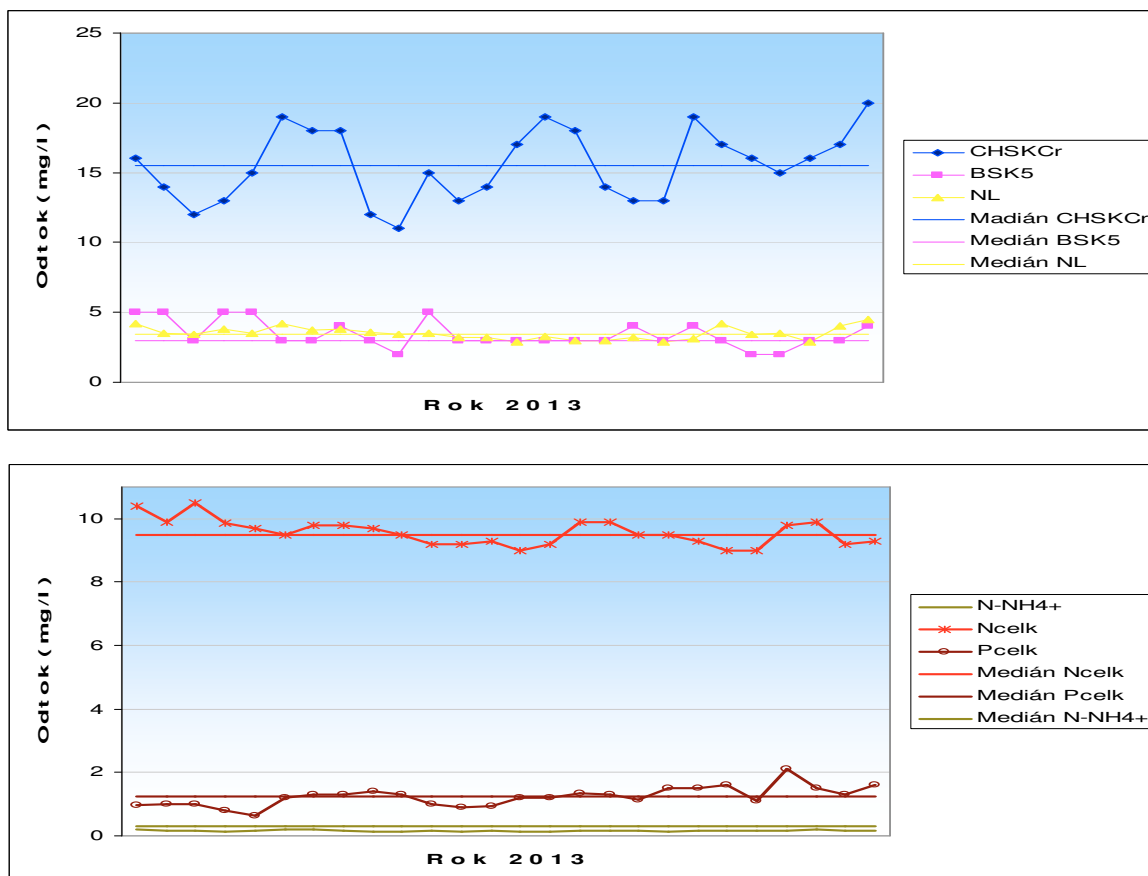
Tabulka č. 32: Odtok OV na ČOV Sokolov po intenzifikaci v roce 2013 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
3.1.2013	16,00	5,00	4,20	0,19	10,40	0,98
15.1.2013	14,00	5,00	3,50	0,18	9,90	1,00
4.2.2013	12,00	3,00	3,40	0,17	10,50	0,99
19.2.2013	13,00	5,00	3,80	0,15	9,85	0,82
11.3.2013	15,00	5,00	3,50	0,17	9,70	0,64
25.3.2013	19,00	3,00	4,20	0,20	9,50	1,20
2.4.2013	18,00	3,00	3,70	0,20	9,80	1,30
16.4.2013	18,00	4,00	3,80	0,18	9,80	1,30
28.4.2013	12,00	3,00	3,60	0,15	9,70	1,40
8.5.2013	11,00	2,00	3,40	0,15	9,50	1,30
21.5.2013	15,00	5,00	3,50	0,16	9,20	1,00
3.6.2013	13,00	3,00	3,20	0,15	9,20	0,90
17.6.2013	14,00	3,00	3,20	0,17	9,30	0,95
1.7.2013	17,00	3,00	2,90	0,14	9,00	1,20
22.7.2013	19,00	3,00	3,30	0,15	9,20	1,20
5.8.2013	18,00	3,00	3,00	0,16	9,90	1,35
19.8.2013	14,00	3,00	3,00	0,17	9,90	1,30
2.9.2013	13,00	4,00	3,20	0,18	9,50	1,15
24.9.2013	13,00	3,00	2,90	0,15	9,50	1,50
1.10.2013	19,00	4,00	3,10	0,16	9,30	1,50
14.10.2013	17,00	3,00	4,20	0,17	9,00	1,60
28.10.2013	16,00	2,00	3,40	0,17	9,00	1,10
11.11.2013	15,00	2,00	3,50	0,18	9,80	2,10
25.11.2013	16,00	3,00	2,90	0,19	9,90	1,50
2.12.2013	17,00	3,00	4,00	0,18	9,20	1,30
17.12.2013	20,00	4,00	4,50	0,17	9,30	1,60

Tabulka č. 33: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku po intenzifikaci v roce 2013.

Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Průměr	15,54	3,42	3,50	0,17	9,57	1,24
Medián	15,50	3,00	3,45	0,17	9,50	1,25
Maximum	20,00	5,00	4,50	0,20	10,50	2,10
Minimum	11,00	2,00	2,90	0,14	9,00	0,64
Percentil	20	5	4,5	0,2	10,5	2,1
Počet	26	26	26	26	26	26
výběrová odchylka s	2,53	0,95	0,45	0,15	0,4	0,3
odchylka s	2,15	0,78	0,35	0,01	0,33	0,23
s/X	0,14	0,23	0,10	0,08	0,03	0,18
$\bar{X} + 2s$	19,85	4,99	4,20	0,19	10,23	1,69
četnost pod $\bar{X} + 2s$	25	21	22	24	24	25
rel.četnost pod $\bar{X} + 2s$ (%)	96,2	80,8	84,6	92,3	92,3	96,2
Zešíkmení	0,02	0,55	0,59	0,20	0,50	0,61
Špičatost	-1,09	-0,59	-0,40	-0,66	-0,07	1,51
95%-ní percentil	19,00	5,00	4,20	0,20	10,28	1,60
90%-ní percentil	19,00	5,00	4,20	0,19	9,90	1,55

Statistické údaje ukazují, že hodnoty ukazatelů se zlepšily, žádná z hodnot není překročena.



Obrázek č. 40: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku po intenzifikaci v roce 2013.

Z grafického znázornění ukazatelů znečištění na odtoku pro rok 2013 po intenzifikaci je vidět znatelné zlepšení všech hodnot, které splňují legislativní požadavky.

Tabulka č. 34: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – medián přítoku v roce 2013 (mg/l).

Datum odběru	CHSK_{Cr}	BSK₅	NL	N-NH₄⁺	N_{celk}	P_{celk}
leden	420,00	215,00	192,00	26,90	43,65	5,35
únor	201,00	135,00	82,00	21,30	37,40	5,25
březen	553,50	235,00	291,00	43,15	61,15	7,65
duben	365,00	200,00	180,00	46,00	67,30	8,20
květen	262,00	160,00	131,00	26,35	38,95	5,80
červen	277,00	150,00	194,00	21,85	34,80	5,75
červenec	313,00	115,00	74,00	37,50	47,10	6,85
srpen	328,50	175,00	118,00	39,80	46,50	6,45
září	434,50	235,00	214,00	35,30	50,15	6,55
říjen	385,00	210,00	160,00	59,40	72,50	8,70
listopad	483,50	340,00	222,00	61,35	80,45	8,80
prosinec	579,50	320,00	159,50	42,90	55,60	8,25

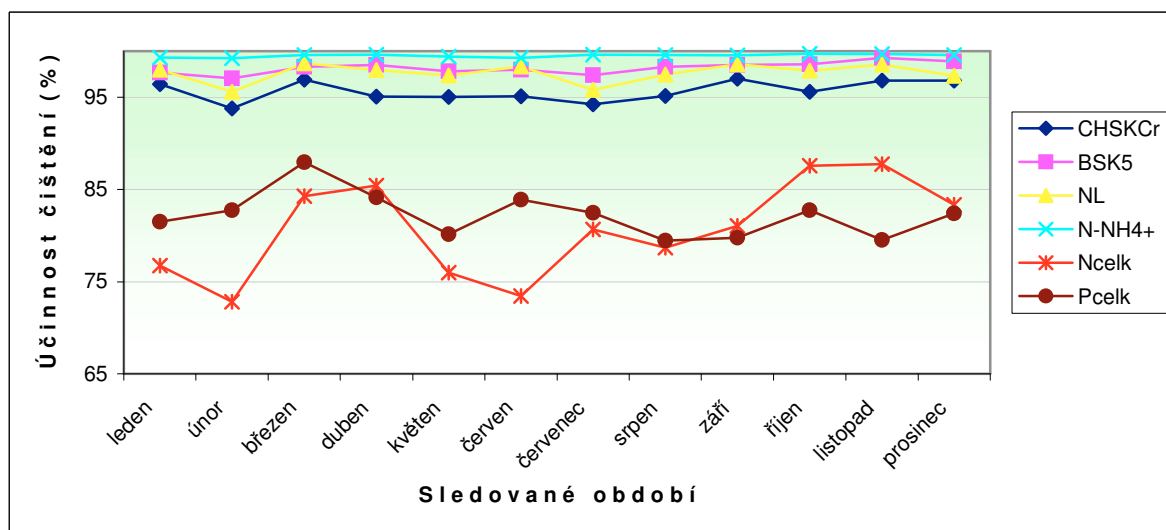
K výpočtu účinnosti čištění jsem použila hodnoty statistického zpracování ukazatelů znečištění na přítoku a odtoku z tabulek č. 34 a č. 35.

Tabulka č. 35: Statistické zpracování ukazatelů znečištění–medián odtoku po intenzifikaci (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
Leden	15,00	5,00	3,85	0,19	10,15	0,99
Únor	12,50	4,00	3,60	0,16	10,18	0,91
Březen	17,00	4,00	3,85	0,19	9,60	0,92
Duben	18,00	3,00	3,70	0,18	9,80	1,30
Květen	13,00	3,50	3,45	0,16	9,35	1,15
Červen	13,50	3,00	3,20	0,16	9,25	0,93
červenec	18,00	3,00	3,10	0,15	9,10	1,20
Srpen	16,00	3,00	3,00	0,17	9,90	1,33
Září	13,00	3,50	3,05	0,17	9,50	1,33
Říjen	17,00	3,00	3,40	0,17	9,00	1,50
Listopad	15,50	2,50	3,20	0,19	9,85	1,80
prosinec	18,50	3,50	4,25	0,18	9,25	1,45

Tabulka č. 36: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – účinnost čištění po intenzifikaci (%).

Účinnost E _A (%)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
leden	96,43	97,67	97,99	99,31	76,75	81,50
únor	93,78	97,04	95,61	99,25	72,79	82,76
březen	96,93	98,30	98,68	99,57	84,30	87,97
duben	95,07	98,50	97,94	99,61	85,44	84,15
květen	95,04	97,81	97,37	99,41	75,99	80,17
červen	95,13	98,00	98,35	99,27	73,42	83,91
červenec	94,25	97,39	95,81	99,61	80,68	82,48
srpen	95,13	98,29	97,46	99,59	78,71	79,46
září	97,01	98,51	98,57	99,53	81,06	79,77
říjen	95,58	98,57	97,88	99,71	87,59	82,76
listopad	96,79	99,26	98,56	99,70	87,76	79,55
prosinec	96,81	98,91	97,34	99,59	83,36	82,42



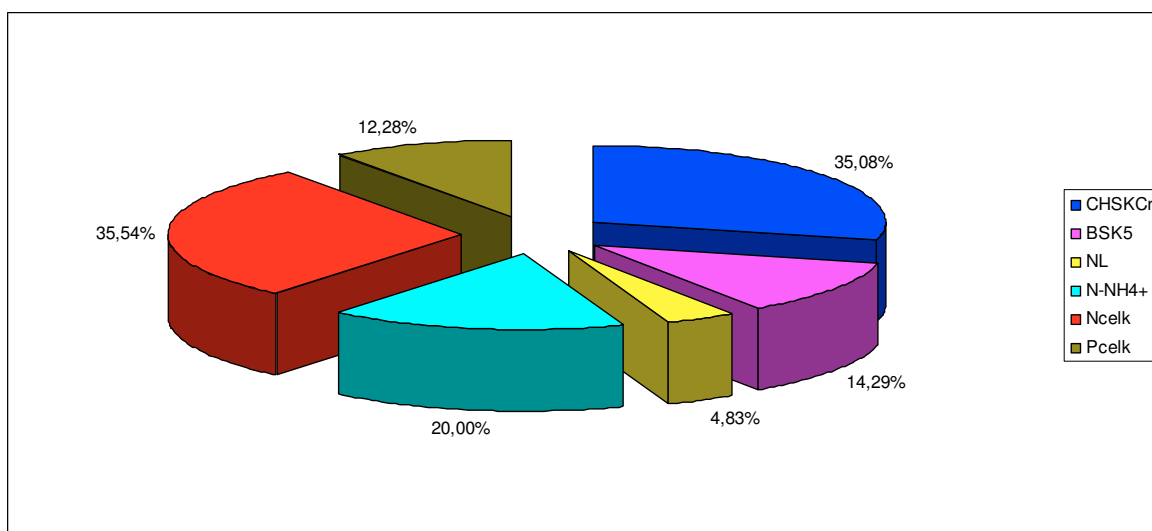
Obrázek č. 41: Graf účinnosti čistícího procesu po intenzifikaci v roce 2013.

Graf č. 41 znázorňuje účinnost čištění vypouštěných odpadních vod po intenzifikaci v roce 2013, hodnoty ukazují, že účinnost čištění se výrazně zlepšila oproti předešlému období před intenzifikací v letech 2009-2012 a hodnoty splňují všechny legislativní podmínky.

Tabulka č. 37: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – medián odtoku (mg/l) a účinnost (%).

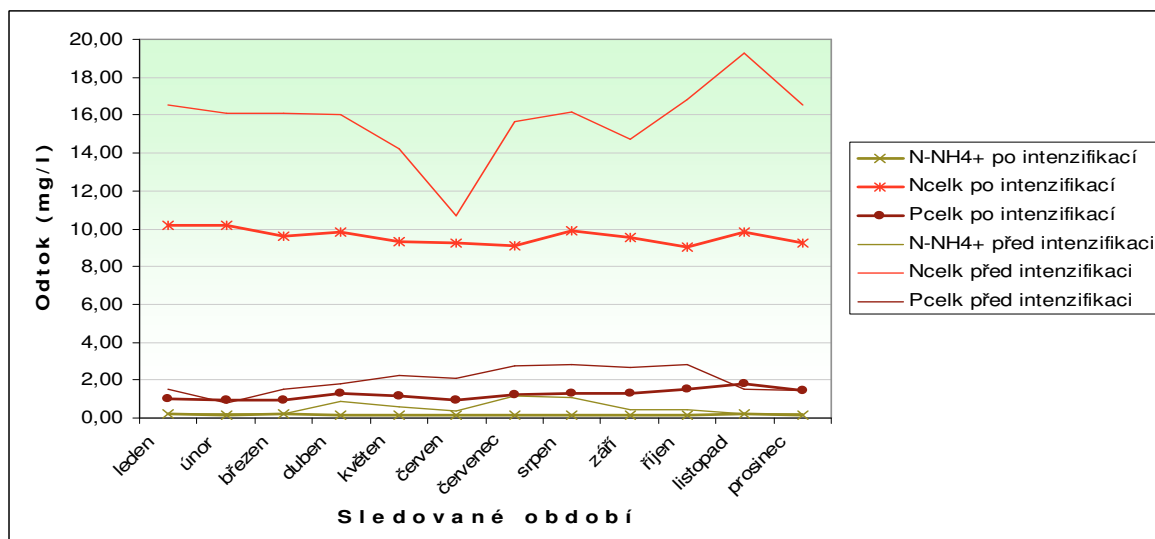
Koncentrace (mg/l)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
před intenzifikací 2009-2012	23,88	3,50	3,63	0,21	14,74	1,43
po intenzifikaci 2013	15,50	3,00	3,45	0,17	9,50	1,25
účinnost (%)	35,08	14,29	4,83	20,00	35,54	12,28

V tabulce č.37 vidíme odtokové koncentrace ukazatelů před intenzifikací, změnu, tedy zlepšení koncentrací těchto ukazatelů po intenzifikaci a změnu účinnosti čištění, ke které došlo vlivem intenzifikace. Účinnost čištění se zlepšila u všech sledovaných ukazatelů, velice důležité je zlepšení účinnosti čištění o 12,28 % u P_{celk} a o 35,54 % u N_{celk}.



Obrázek č. 42: Grafické znázornění zlepšení účinnosti po intenzifikaci (%).

Na grafickém znázornění vidíme procentuální zlepšení účinnosti čistícího efektu, které nastalo vlivem intenzifikace. Všechny ukazatele znečištění vypouštěných odpadních vod vykazují zlepšení účinnosti čištění v roce 2013 oproti předešlému období 2009-2012, u biochemické spotřeby kyslíku CHSK_{Cr} je to 35,08 % zlepšení, u chemické spotřeby kyslíku BSK₅ je to 14,29 %, u koncentrace nerozpuštěných látek NL je to 4,83 % a 20 % u amoniakálního dusíku N-NH₄⁺, 35,54 % u koncentrace celkového N_{celk} a 12,28 % u koncentrace celkového fosforu P_{celk}.



Obrázek č. 43: Grafické porovnání odtoku sledovaných ukazatelů znečištění (mg/l).

Po intenzifikaci došlo ke zlepšení a ustálení hodnot všech odtokových parametrů, v grafu č. 43 vidíme zlepšení odtokových parametrů nutrientů N_{celk} a P_{celk} , které bezpečně splňují přípustné, maximální a průměrné hodnoty koncentrací.

6.12 Zhodnocení

Splnění legislativního rámce ČR pro oblast vodního hospodářství respektive splnění závazků, plynoucích z přístupových podmínek EU, ke kterým se ČR zavázala, především pak splnění směrnice, která stanoví požadavky na kvalitu městských odpadních vod před jejich vypouštěním do recipientu, bylo hlavním a nezbytným cílem intenzifikace ČOV Sokolov. V případě nesplnění těchto závazků, které vláda ČR přesunula na města a obce, jako na vlastníky vodohospodářské infrastruktury, by to znamenalo významný finanční postih ve formě krácení komunálních rozpočtů, případně přenesení pokut vystavených ČR Evropskou unií na vlastníky vodohospodářské infrastruktury.

Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. fakturuje pro region Sokolovsko dvojsložkovou cenu, která je složená ze složky pevné a pohyblivé. Ceny jsou usměrňované podle Výměru Ministerstva financí č. 01/2012 a č. 03/2012, kterým se vydává seznam zboží s regulovanými cenami. Aktuální ceník je vyvěšen na internetových stránkách firmy. Cena pevné složky v Kč/ks/den je závislá na velikosti vodoměru. Cena pohyblivé složky vodného za rok 2013 byla 39,30 Kč/m³, v letošním roce 2014 je 39,58 Kč/m³. Cena pohyblivé složky stočného v roce 2013 byla 33,73 Kč/m³, v letošním roce 2014 je 34,49 Kč/m³. Je zřejmé, že cena meziročně roste velice mírně. Intenzifikace bude mít vliv na cenu vodného a stočného, cena bude ovlivněna zařazením hodnoty investice do inventárního majetku vlastníka vodohospodářské infrastruktury, ponížené o hodnotu přímé dotace a bude navýšena o hodnotu nájemného, které bude vlastník vyžadovat. V případě ČOV Sokolov se bude jednat o navýšení stočného o částku 3 - 5 Kč/m³. Přehled investičních nákladů na intenzifikaci ČOV Sokolov uvádím v následující tabulce.

Tabulka č. 38: Přehled investičních nákladů na intenzifikaci ČOV Sokolov [27].

Investiční náklady	Cena bez DPH	DPH (21%)	Cena celkem (Kč)
Stavební část	14.680.000	3.082.800	17.762.800
Strojně-technologická část	44.640.000	9.374.400	54.014.400
Elektromotorická část	4.510.000	947.100	5.457.100
ASŘTP část	3.760.000	789.600	4.549.600
Rezerva = 5% z investičních nákladů	3.379.500	709.695	4.089.195
Ostatní náklady	7.700.000	1.617.000	9.317.000
Celkem	78.690.500	16.520.595	95.190.095

V ROZHODNUTÍ Krajského úřadu Karlovarského kraje o vydání stavebního povolení „Sokolov-intenzifikace ČOV“ a vydání povolení s nakládání s vodami, k vypouštění odpadních vod do vod povrchových byly na dobu výstavby, dobu zkušebního provozu a dobu pro trvalý provoz stanoveny přípustné, maximální a průměrné hodnoty znečištění OV v souladu s ustanovením §38 odst. 9 vodního zákona a s nařízením vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění.

Tabulka č. 39: Přehled přípustných, maximálních a průměrných hodnot znečištění OV po dobu výstavby (mg/l).

Ukazatel	P	m	Průměr
CHSK _{Cr}	150	200	-
BSK ₅	35	60	-
NL	40	80	-
N-NH ₄ ⁺	-	-	-
N _{celk}	-	40	25
P _{celk}	-	6	3

Porovnáním s naměřenými hodnotami jsem zjistila, že tyto hodnoty byly na ČOV Sokolov po dobu výstavby splněny. Také hodnoty po dobu zkušebního provozu jsou na ČOV Sokolov v současnosti plněny.

Tabulka č. 40: Přehled přípustných, maximálních a průměrných hodnot znečištění OV po dobu zkušebního provozu (mg/l).

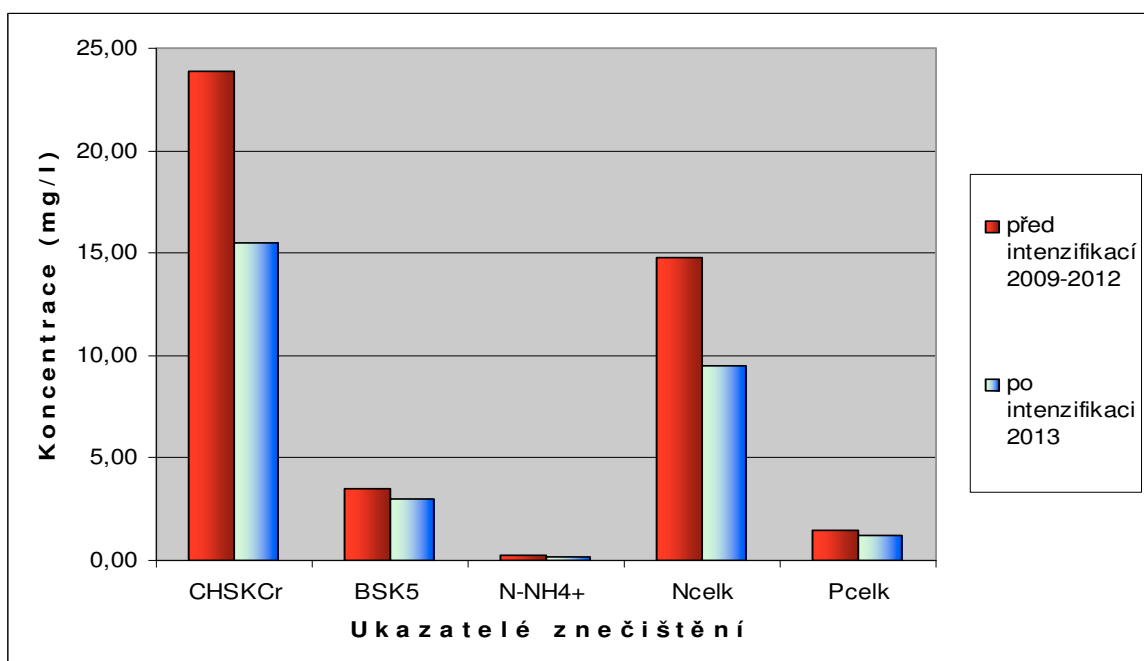
Ukazatel	p	m	Průměr
CHSK _{Cr}	100	150	-
BSK ₅	30	45	-
NL	35	50	-
N-NH ₄ ⁺	-	-	-
N _{celk}	-	25	16
P _{celk}	-	6	2,5

Po ukončení zkušebního provozu bude nutné plnit přísnější hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce č.41.

Tabulka č. 41: Přehled přípustných, maximálních a průměrných hodnot znečištění OV pro trvalé provozy (mg/l).

Ukazatel	p	m	průměr
CHSK _{Cr}	90	130	-
BSK ₅	20	40	-
NL	25	50	-
N-NH ₄ ⁺	-	-	-
N _{celk}	-	30	14
P _{celk}	-	6	1,8

Zvýšila se účinnost čištění ve všech sledovaných parametrech a je tedy jisté, že cíl intenzifikace, tedy zvýšení účinnosti odstraňování dusíku a fosforu, byl splněn. Cílem intenzifikace ČOV bylo zvýšení provozní spolehlivosti ČOV a zajištění stability čistícího procesu během celého kalendářního roku tak, aby ČOV bezpečně dosáhla odtokových parametrů požadovaných legislativou.



Obrázek č. 44: Grafické porovnání sledovaných ukazatelů znečištění (mg/l).

Z grafického znázornění je zřejmé, že koncentrace znečištění se u všech ukazatelů znečištění vyčištěných vypouštěných odpadních vod v roce 2013 snížila.

7. Závěr

Naplněním podmínek EU v oblasti vodního hospodářství do národní legislativy došlo k nezvratným požadavkům na zvýšení účinnosti odstraňování nutrietů z difúzních zdrojů znečištění. Tyto požadavky iniciovaly nutné investice na vlastníky těchto objektů a zařízení. V případě čistírny odpadních vod Sokolov se jednalo o nutnost požádat o dotaci z evropských fondů Operačního programu životní prostředí administrované Státním fondem životního prostředí. Uznatelné náklady a tím míra podpory vyšla cca na 70% z celkových 70 miliónů Kč.

Je nutné konstatovat, že tento legislativní požadavek byl intenzifikací v celém rozsahu splněn. ČOV Sokolov je tedy z pohledu EU vyřešenou aglomerací.

Hlavní nároky intenzifikace ČOV byly stanoveny na zvýšenou účinnost odstraňování nutrietů, tedy dusíku a fosforu. Po technologické stránce se jednalo o změnu biologického odstraňování N a P, s doplněním chemického srážení fosforu 40% síranem železitým. Účinnost technologického procesu je 95,66 % u CHSK_{Cr} , 98,19 % u BSK_5 , 97,63 % u NL a 99,51 % u N-NH_4^+ , N_{celk} má účinnost 80,65 % a P_{celk} má 82,24 %.

Návrhem a realizací intenzifikace ČOV došlo k významnému nárůstu v účinnosti odstraňování dusíku a fosforu z vypouštěných vod, v procentuálním vyjádření došlo ke snížení vypouštěného znečištění v těchto ukazatelích, tedy zvýšení účinnosti čištění o 35,54 % u koncentrace celkového N_{celk} a 12,28 % u koncentrace celkového fosforu P_{celk} . Také u ostatních ukazatelů znečištění došlo ke zvýšení účinnosti, u biochemické spotřeby kyslíku CHSK_{Cr} je to 35,08 %, u chemické spotřeby kyslíku BSK_5 je to 14,29 %, u koncentrace nerozpuštěných látek NL je to 4,83 % a 20 % u amoniakálního dusíku N-NH_4^+ . Je tedy jednoznačné, že cíl intenzifikace byl splněn.

Sekundárním cílem provádění intenzifikace ČOV bylo vyřešení přetrvávajících provozních problémů, modernizace a úpravy vybraných objektů, technologických celků a zařízení ČOV s cílem vyrovnané energetické bilance. Zařazením gravitačního zahuštění kalů a hlavně pak druhého stupně mezofilního vyhnívání, došlo k významnému nárůstu produkce bioplynu, tedy ke zvýšení energetické bilance. Před realizací bylo produkováno v průměru 450 m³ bioplynu za den, po intenzifikaci 2000 m³/den. Kalové hospodářství je doplněno o kogenerační jednotku. Pozitivní bilance zajistila dostatek bioplynu pro ohřev kalů ve vyhnívacích nádržích I. a II. stupně, dostatečnou produkci tepla a v neposlední řadě dostatečný výkon pro napájení elektrické soustavy zařízení ČOV. Nemalým přínosem intenzifikace je tedy také energetická soběstačnost čistírny, veškerá produkce bioplynu je

zpracována v kogenerační jednotce. Za rok se vyrobí až 400 kWh elektrické energie a po odečtení provozních nákladů je čistý zisk z prodeje elektrické energie kolem 800 000,-Kč.

Mezi podružné efekty, které lze z investice vyvodit, patří obměna dmychadel, čerpadel a míchadel, jenž mají energeticky příznivější křivky spotřeby elektrické energie. Výměna zastaralého odvodňovacího stroje za moderní vysokootáčkovou odstředivku přináší zlepšení v dosahované sušině likvidovaného kalu. Stabilitu technologického procesu čištění komplexně zajišťuje automatizovaný systém řízení, který byl zásadně inovován dle dostupných současných technologií.

Kromě všech technických pozitivních přínosů je nutné si uvědomit, že každá investice s sebou nese i ekonomickou zátěž, která se v daném případě projeví nárůstem ceny stočného v daném regionu. Je otázkou zda přínosy environmentální a zatížení ekonomické a sociální jsou v rovnováze. Uvážíme-li, že systém životního prostředí je definován schematicky vazbami systému sociálního, ekonomického, systému přírodního prostředí a systému odvozeného od přírodního, je nezbytné vždy všechny vlivy hodnotit dohromady a to exaktními metodami, které nazýváme multikriteriálními. Jejich principem je definovat pro jednotlivé subsystémy tzv. katalog kritérií a ukazatelů, těmto přiřadit významnost a následně váhu. Poté formalizovanou metodou porovnat všechny ukazatele v jednotlivých subsystémech mezi sebou a definovat výsledné řešení. Jednou z těchto uznaných multikriteriálních metod je definování tzv. funkcí užitku.

Dle mého názoru je velice diskutabilní, zda přínosy environmentálního charakteru jsou v porovnání se sociálními a ekonomickými dopady převyšující a opodstatněné.

Z většiny projektů, které musí být financovány z dotací EU je patrná neefektivita těchto přínosů. Naplněním závazků ČR vůči EU tak dochází k nadměrnému zatížení sociálního systému ČR, které se projevuje významným nárůstem ceny stočného.

Město Sokolov, jako příjemce dotace OPŽP, splnilo provedenou intenzifikací všechny legislativní požadavky EU.

Lze konstatovat, že cíl projektu, tedy intenzifikace ČOV Sokolov, byl naplněn po stránce kvalitativní i kvantitativní a nezodpovězenou otázkou zůstává, zda negativní synergické efekty, které doprovázejí tuto intenzifikaci, nejsou neúměrně vyšší než její přínosy. Tento problém by se mohl do budoucna stát tématem diplomových nebo disertačních prací.

Seznam použité literatury, citací

- [1]. Úřední věstník Evropské unie - *Směrnice Rady č. 75/440/EHS*. [online]. [cit. 2014 - 01 - 07]. Dostupnost z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/>>
- [2]. Úřední věstník Evropské unie - *Směrnice Rady č. 76/160/EHS*. [online]. [cit. 2014 - 01 - 07]. Dostupnost z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/>>
- [3]. Úřední věstník Evropské unie - *Směrnice Rady č. 78/659/EHS*. [online]. [cit. 2014 - 01 - 07]. Dostupnost z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/>>
- [4]. Úřední věstník Evropské unie - *Směrnice Rady č. 91/271/EHS*. [online]. [cit. 2014 - 01 - 07]. Dostupnost z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/>>
- [5]. Úřední věstník Evropské unie - *Směrnice Rady č. 91/676/EHS*. [online]. [cit. 2014 - 01 - 08]. Dostupnost z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/>>
- [6]. Úřední věstník Evropské unie - *Směrnice Rady č. 2000/60/ES*. [online]. [cit. 2014 - 01 - 08]. Dostupnost z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/>>
- [7]. Ministerstvo životního prostředí - *Nariadení vlády č. 61/2003 Sb.* [online]. [cit. 2014 - 01 - 09]. Dostupnost z WWW: <<http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pdf>>
- [8]. Česko. Vodárenský informační portál. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky*. [online]. [cit. 2014 - 03 - 31]. Dostupnost z WWW: <www.vodovod.info>. ISSN 1804-7157.
- [9]. Sbírka zákonů ČR - Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) § 38. [online]. [cit. 2014 - 02 - 03]. Dostupnost z WWW: <<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/>>
- [10]. Metcalf and Eddy. *Wastewater engineering : treatment and reuse*. Boston, McGraw-Hill, 2003. ISBN 00-711-2250-8.
- [11]. Informační systém statistiky a reportingu (ISSaR) - MŽP České republiky. [online]. [cit. 2014 - 01 - 29]. Dostupnost z WWW: <<http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1575>>.
- [12]. Wilner, Hannah T. et al. *Wastewater treatment plant design*. Alexandria, USA, WEF, 2012. ISBN 978-1-57278-271-6.
- [13]. Hudáková, Marta. *Odpadové hospodářství na ČOV Sokolov*. Bakalářská práce. Ostrava, 2012.
- [14]. Stuetz, R. and T. Stephenson. *Principles of water and wastewater treatment processes*. London, IWA, 2009. ISBN 978-184-3390-266.
- [15]. Hlavínek, Petr a Jan Mičín a Petr Prax. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno, Cerm, 2003. ISBN 80-214-2535-0.

- [16]. Wanner, Jiří a Petr Hlavínek. *Moderní trendy v čištění odpadních vod*. Brno, Noel, 2000, 1997. ISBN 80-86020-07-X.
- [17]. Henze, M. et al. *Biological wastewater treatment: principles, modelling and design*. London, IWA, 2008. ISBN 978-184-3391-883.
- [18]. Wiesmann et al. *Fundamentals of biological wastewater treatment*. Hoboken, Wiley-VCH, 2007. ISBN 35-273-1219-6.
- [19]. Chudoba, Jan, Fečko, Peter a Michal Dohányos a Jiří Wanner. *Biologické čištění odpadních vod*. 1. vydání. Praha, 1991. ISBN 80-03-00611-2.
- [20]. Dohányos, Michal a Jan Koller a Nina Strnadová. *Čištění odpadních vod*. 2. vydání. Praha, VŠCHT, 2004, dotisk 2007. ISBN 80-708-0316-9, ISBN 978-80-7080-619-7.
- [21]. Sperling, Narcis. *Basic principles of wastewater treatment*. London, IWA, 2007. ISBN 978-1-8433-9162-3.
- [22]. Baldami-Jones, E. *Phosphorus in environmental technologies : Principles and Applications*. London, IWA, 2004. ISBN 18-433-9001-9.
- [23]. Van Haandel, A. and J. Van der Lubbe. *Handbook biological waste water treatment : design and optimisation of activated sludge systems*. Leidschendam, Quist, 2007. ISBN 978-907-7983-225.
- [24]. Henze, M. *Wastewater treatment: biological and chemical processes*. Berlin, Springer, 2002. ISBN 35-404-2228-5.
- [25]. Provozní řád ČOV Sokolov. Sokolov, 2001.
- [26]. Bratby, J. *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment*. London, IWA, 2006. ISBN 18-433-9106-6.
- [27]. Projektová dokumentace intenzifikace ČOV Sokolov. Sokolov.
- [28]. Pitter, Pavel. *Hydrochemie*. Version 1.0. Praha, VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [29]. Pytl, Vladimír. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. Medium Líbeznice, 2012. ISBN 978-80-87140-26-0.
- [30]. Kučerová, Radmila a Peter Fečko a Barbora Lyčková. *Úprava a čištění vody*. Ostrava, VŠB – TUO, 2011. ISBN 978-80-248-2389-8.
- [31]. Horáková, Marta. *Analytika vody*. Praha, VŠCHT, 2003. ISBN 80-7080-520-X.
- [32]. ČSN ISO 75 6401. Čistírny odpadních vod pro více než 500 EO. 2006.
- [33]. Jarušková, Daniela vydavatelství ČVUT; *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Praha, ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-03427-9.

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek č. 1: Graf znázorňující připojení obyvatel na kanalizaci v ČR (%).....	8
Obrázek č. 2: Graf znázorňující délku kanalizační sítě v ČR (km).	9
Obrázek č. 3: Graf znázorňující objem vod vypouštěných do kanalizace v ČR (mil.m ³).	9
Obrázek č. 4: Graf znázorňující počet ČOV podle stupně čištění odpadních vod v ČR.	10
Obrázek č. 5: Graf znázorňující připojení obyvatel na ČOV podle stupně čištění (%).	10
Obrázek č. 6: ČOV Sokolov [13].	12
Obrázek č. 7: ČOV Sokolov [25].	15
Obrázek č. 8: Schéma znázorňující uspořádání technologické linky před intenzifikací [25].	16
Obrázek č. 9: Přehledná situace ČOV Sokolov [25].	16
Obrázek č. 10: Technologické schéma Varianty 1 [27].	21
Obrázek č. 11: Technologické schéma Varianty 2 [27].	22
Obrázek č. 12: Technologické schéma Varianty 3 [27].	23
Obrázek č. 13: Technologické schéma Varianty 4 [27].	24
Obrázek č. 14: Technologické schéma Varianty 5 [27].	24
Obrázek č. 15: Technologické schéma biologické linky aktivačního procesu Varianty 6 [27].	28
Obrázek č. 16: Stanovení BSK ₅ – oximetr.	33
Obrázek č. 17: Stanovení P _{celk} a CHSK _{Cr} - fotometr.	34
Obrázek č. 18: Stanovení CHSK _{Cr} – mineralizátor.	34
Obrázek č. 19: Stanovení celkového dusíku – Kjeldahlizační zařízení.	35
Obrázek č. 20: Stanovení NL – filtrační zařízení.	36
Obrázek č. 21: Stanovení amoniakálního dusíku – destilační aparatura.	36
Obrázek č. 22: Odebírání vzorků na přítoku na ČOV.	37
Obrázek č. 23: Odebírání vzorků na odtoku na ČOV.	38
Obrázek č. 24: Akreditovaná laboratoř SČVK a.s., Laboratoř Sokolov.	38
Obrázek č. 25: Schéma přítok (C _{A1}) a odtok (C _{A2}) na ČOV.	39
Obrázek č. 26: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2009.	43
Obrázek č. 27: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2009.	43
Obrázek č. 28: Grafické znázornění účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2009 (%).	44
Obrázek č. 29: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2010.	46
Obrázek č. 30: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2010.	46
Obrázek č. 31: Grafické znázornění účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2010 (%).	47
Obrázek č. 32: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2011.	49
Obrázek č. 33: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2011.	49
Obrázek č. 34: Grafické znázornění účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2011(%).	50
Obrázek č. 35: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2012.	52
Obrázek č. 36: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2012.	52
Obrázek č. 37: Grafické znázornění	53
Obrázek č. 38: Graf účinnosti čistícího procesu před intenzifikací na ČOV v letech 2009-2012.	55
Obrázek č. 39: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2013.	57
Obrázek č. 40: Grafické znázornění ukazatelů znečištění na odtoku po intenzifikaci v roce 2013.	59
Obrázek č. 41: Graf účinnosti čistícího procesu po intenzifikaci v roce 2013.	60
Obrázek č. 42: Grafické znázornění zlepšení účinnosti po intenzifikaci (%).	61
Obrázek č. 43: Grafické porovnání odtoku sledovaných ukazatelů znečištění (mg/l).	62
Obrázek č. 44: Grafické porovnání sledovaných ukazatelů znečištění (mg/l).	65

Tabulka č. 1: Emisní standardy (mg/l) [7].....	5
Tabulka č. 2: Dosažitelné hodnoty koncentrací c (mg/l) a účinností (%) při použití BAT technologií [7].....	6
Tabulka č. 3: Investiční náklady na kanalizace v ČR za období 2003-2015 (mil. Kč.) [8].	7
Tabulka č. 4: Investiční náklady na vodovody v ČR za období 2003-2015 (mil. Kč.) [8].	7
Tabulka č. 5: Hydraulické zatěžovací parametry ČOV Sokolov 33 000 EO [27].	19
Tabulka č. 6: Látkové zatěžovací parametry ČOV Sokolov 33 000 EO[27].	19
Tabulka č. 7: Znečištění kalové vody ČOV Sokolov 33 000 EO + 20 000 EO svozy [27].	19
Tabulka č. 8: Znečištění kalové vody ČOV Sokolov 33 000 EO + 20 000 EO svozy [27].	20
Tabulka č. 9: Vyčíslení úspor provozních nákladů na dávkování externího substrátu [27].	26
Tabulka č. 10: Vypočtená kvalita odpadní vody na odtoku z ČOV [27].	28
Tabulka č. 11: Základní technologické parametry aktivačního procesu dle Varianty 6 [27].	29
Tabulka č. 12: Hydraulické doby zdržení a kontaktu (v hod.) [27].	30
Tabulka č. 13: Objemové rozložení kapacity reaktorů v letním a zimním provozu (m^3) [27].	30
Tabulka č. 14: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku před intenzifikací v roce 2009.	42
Tabulka č. 15: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2009.	42
Tabulka č. 16: Statistické zpracování účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2009 (%).	44
Tabulka č. 17: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2010.	45
Tabulka č. 18: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2010.	45
Tabulka č. 19: Statistické zpracování účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2010 (%).	47
Tabulka č. 20: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2011.	48
Tabulka č. 21: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2011.	48
Tabulka č. 22: Statistické zpracování účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2011 (%).	50
Tabulka č. 23: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2012.	51
Tabulka č. 24: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku před intenzifikací v roce 2012.	51
Tabulka č. 25: Statistické zpracování účinnosti čištění ukazatelů znečištění v roce 2012 (%).	53
Tabulka č. 26: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – medián přítoku (mg/l).	54
Tabulka č. 27: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – medián odtoku (mg/l).	54
Tabulka č. 28: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – účinnost čištění před intenzifikací (%).	54
Tabulka č. 29: Emisní standardy-přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných OV (%) [8].	55
Tabulka č. 30: Přítok OV na ČOV Sokolov v roce 2013 (mg/l).	56
Tabulka č. 31: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na přítoku v roce 2013.	57
Tabulka č. 32: Odtok OV na ČOV Sokolov po intenzifikaci v roce 2013 (mg/l).	58
Tabulka č. 33: Statistické zpracování ukazatelů znečištění na odtoku po intenzifikaci v roce 2013.	58
Tabulka č. 34: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – medián přítoku v roce 2013 (mg/l).	59
Tabulka č. 35: Statistické zpracování ukazatelů znečištění–medián odtoku po intenzifikaci (mg/l).	60
Tabulka č. 36: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – účinnost čištění po intenzifikaci (%).	60
Tabulka č. 37: Statistické zpracování ukazatelů znečištění – medián odtoku (mg/l) a účinnost (%).	61
Tabulka č. 38: Přehled investičních nákladů na intenzifikaci ČOV Sokolov [27].	63
Tabulka č. 39: Přehled přípustných hodnot znečištění OV po dobu výstavby (mg/l).	64
Tabulka č. 40: Přehled přípustných hodnot znečištění OV po dobu zkušebního provozu (mg/l).	64
Tabulka č. 41: Přehled přípustných hodnot znečištění OV pro trvalé provozy (mg/l).	65

8. Přílohy

Příloha 1 – Tabulky přítoku a odtoku sledovaných ukazatelů znečištění.

Tabulka č. 1: Přítok OV na ČOV Sokolov 2009 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
5.1.2009	616	160	190	44,3	63,8	7
19.1.2009	340	240	156	27,5	41	4
2.2.2009	636	180	256	40,4	59,9	8,2
23.2.2009	280	85	158	12,9	24,6	8,2
2.3.2009	297	180	124	18,5	30,6	2,3
16.3.2009	240	120	70	16,8	34,5	3,3
13.4.2009	727	380	126	31,9	46,6	5,2
27.4.2009	404	240	120	33,1	54,9	5,6
18.5.2009	364	180	130	30,8	46	5,2
25.5.2009	384	260	118	38,1	55,4	6,2
8.6.2009	510	230	138	34,2	49,9	5,9
22.6.2009	446	350	416	43,7	60,5	6,4
13.7.2009	440	270	176	41,5	44,7	5,2
27.7.2009	399	160	128	33,6	52,6	5,2
10.8.2009	611	340	272	40,9	67,2	6,5
24.8.2009	535	320	164	47,6	61,6	6,8
7.9.2009	555	350	576	46	69,4	8,2
15.9.2009	620	380	430	45,1	68	9,8
21.9.2009	692	640	204	44,8	67,7	12
5.10.2009	495	320	236	28,6	53,2	5,2
19.10.2009	419	280	166	43,2	56,5	6,8
2.11.2009	357	230	130	38,2	51,8	6,2
9.11.2009	313	120	104	25,2	30,2	4,2
23.11.2009	576	320	190	41,5	68,3	6,4
7.12.2009	439	260	144	24,7	28,5	5,7
21.12.2009	495	330	160	36	54,3	8,6

Tabulka č. 2: Odtok OV na ČOV Sokolov 2009 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
5.1.2009	20	3	3	0,2	12,7	0,51
19.1.2009	28	8	6	2,2	15,7	1
2.2.2009	26	7	5	0,2	5,7	0,57
23.2.2009	25	7	8	2,2	10,5	0,66
2.3.2009	21	3	2	0,2	6,9	0,3
16.3.2009	19	4	2	0,2	8,2	0,61
13.4.2009	23	3	3	0,2	10,5	2,1
27.4.2009	25	3	2	0,2	8,3	1,2
18.5.2009	27	4	4	0,3	4,5	1,3
25.5.2009	29	4	10	0,2	18,2	1,7
8.6.2009	28	4	6	0,2	10,2	1,2
22.6.2009	25	3	3	0,2	13,9	0,3
13.7.2009	22	4	4	0,2	13,9	1,5
27.7.2009	21	3	2	0,2	13,1	1,8
10.8.2009	20	3	2	0,3	14,3	1,6
24.8.2009	28	5	3	2,1	10,1	0,78
7.9.2009	21	3	2	0,3	12,4	2,1
15.9.2009	13	3	5	0,3	12,3	2,1
21.9.2009	29	4	2	0,2	12,2	1,3
5.10.2009	32	4	2	0,2	9,5	0,82
19.10.2009	18	4	9	0,2	17,2	1,5
2.11.2009	25	7	7	0,3	9,1	1
9.11.2009	28	4	2	1,8	13,4	0,79
23.11.2009	30	3	8	0,2	19,5	1,1
7.12.2009	24	9	2	0,2	7,6	0,78
21.12.2009	34	3	4	0,2	14,1	0,56

Tabulka č. 3: Přítok OV na ČOV Sokolov 2010 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
4.1.2010	2730	530	708	31,4	128	3,3
25.1.2010	470	310	196	38,1	63,3	6,1
1.2.2010	780	380	288	42,6	91,4	8,5
15.2.2010	586	280	208	38,1	59,9	7,4
24.2.2010	598	290	201	37,5	60,1	7,5
8.3.2010	343	250	174	33,1	49,8	17
15.3.2010	328	180	234	20,7	33,7	5,6
19.4.2010	843,4	300	388	37,5	69,4	5
26.4.2010	556	380	250	39,8	66,6	7,3
10.5.2010	410	290	190	39,8	10,1	0,77
17.5.2010	520	315	230	40,1	58,1	6,5
24.5.2010	955	500	602	44,3	72,5	5,9
7.6.2010	265	96	98	33,6	39,7	3,9
21.6.2010	356	200	134	36,4	47	4,1
12.7.2010	614	460	338	42,6	61	7,8
26.7.2010	313	200	170	25,2	35,3	3,6
9.8.2010	254	180	90	22,4	31,9	2,8
23.8.2010	326	130	138	20,7	31,3	3,9
6.9.2010	162	130	78	25,8	32,4	3,2
20.9.2010	527	340	192	42	47,6	6,2
11.10.2010	500	280	216	31,4	43,7	6,3
25.10.2010	421	280	164	49,3	61	6,9
8.11.2010	385	240	134	21,9	42,8	4,9
24.11.2010	293	160	176	17,9	32,4	3,8
13.12.2010	284	170	82	12,9	44,8	5
27.12.2010	493	280	220	36,4	52,2	6,9

Tabulka č. 4: Odtok OV na ČOV Sokolov 2010 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
4.1.2010	19	4	4	1,8	15,3	1,8
25.1.2010	32	6	3	0,2	14,4	0,58
1.2.2010	33	4	3	0,5	10,9	1,6
15.2.2010	29	3	6	0,9	8,5	0,89
24.2.2010	30	3	6	1,7	13,2	1,5
8.3.2010	24	3	14	0,2	13,4	3,8
15.3.2010	30	7	11	1,6	11,4	1,6
19.4.2010	24	3	6	0,2	8,5	0,86
26.4.2010	26	3	3	0,2	10,1	0,77
10.5.2010	29	4	5	0,2	9,7	0,51
17.5.2010	23	4	2	0,3	11,2	0,87
24.5.2010	22	3	5	0,2	17,4	0,65
7.6.2010	23	4	3	0,2	11,1	0,92
21.6.2010	30	3	3	0,2	11,9	1,1
12.7.2010	24	3	2	0,2	19,8	3,3
26.7.2010	23	3	3	0,2	16,5	0,86
9.8.2010	20	3	2	0,6	17,6	1,2
23.8.2010	20	3	2	2	15,7	1,2
6.9.2010	16	3	2	0,2	15,2	1,8
20.9.2010	21	3	2	0,2	16,5	1,9
11.10.2010	19	3	3	0,2	12,2	1,3
25.10.2010	27	4	2	0,2	12,6	0,43
8.11.2010	23	3	4	0,2	12,4	1,1
24.11.2010	32	5	3	1,8	19	1,1
13.12.2010	22	3	5	0,2	17,6	1,5
27.12.2010	17	3	5	0,2	24,6	2,8

Tabulka č.5: Přítok OV na ČOV Sokolov 2011 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
3.1.2011	597	350	138	36,4	65,7	6,6
24.1.2011	507	230	140	31,4	51,7	4
7.2.2011	683	340	226	30,8	51	4,8
21.2.2011	378	160	150	33,1	90,2	4,4
26.2.2010	405	178	159	35,2	75,1	4,9
14.3.2011	426	220	140	40,9	66,7	5,7
28.3.2011	605	480	220	39,2	87,2	6,3
11.4.2011	427	230	210	38,1	61,4	6,9
18.4.2011	490	260	156	43,7	66	5,9
9.5.2011	393	120	130	49,3	58,4	6,5
23.5.2011	469	290	158	40,4	83,7	6,1
6.6.2011	345	260	144	44,3	49,3	5,7
27.6.2011	505	390	144	44,3	73,1	6,7
11.7.2011	609	320	212	35,3	99,4	7,3
25.7.2011	463	220	152	37	54,2	6
8.8.2011	391	140	134	28	79,2	4,1
22.8.2011	495	300	156	28,6	49,9	5,3
28.8.2010	465	290	157	30,2	50,1	5,5
6.9.2011	382	140	122	31,9	54	6
26.9.2011	424	210	144	35,3	63,6	6,8
10.10.2011	501	220	116	21,3	47	3,8
24.10.2011	321	210	102	43,7	62,6	5,7
14.11.2011	679	350	244	43,7	63,3	6,8
21.11.2011	789	250	254	57,2	65,4	8,8
13.12.2011	620	300	322	33,1	61	6,2
21.12.2011	299	140	100	15,7	32,1	3,5

Tabulka č. 6: Odtok OV na ČOV Sokolov 2011 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
3.1.2011	27	3	4	0,2	29	1,3
24.1.2011	24	4	5	0,2	16,5	0,56
7.2.2011	23	5	5	0,2	13,6	0,5
21.2.2011	33	5	3	1,2	27,5	0,93
26.2.2010	19	5	3	2	18,1	1
14.3.2011	20	5	2	0,2	18	1,4
28.3.2011	20	5	5	0,2	17,7	1,9
11.4.2011	27	6	6	2,7	18,9	1,4
18.4.2011	33	4	2	0,5	20,3	1,2
9.5.2011	30	5	12	0,2	18,8	1,3
23.5.2011	20	5	6	0,2	15,5	1,5
6.6.2011	52	20	18	1,3	14,7	3,6
27.6.2011	20	4	3	0,2	13,6	2,3
11.7.2011	33	3	4	0,2	20,4	1,1
25.7.2011	24	3	5	0,8	23,7	2,4
8.8.2011	23	3	3	0,2	21,7	2,5
22.8.2011	22	3	6	0,3	13,9	1,3
28.8.2010	20	3	2	0,2	12,5	1,8
6.9.2011	23	4	2	0,3	11,8	1,7
26.9.2011	21	4	2	0,2	12	1,7
10.10.2011	25	3	5	0,2	13,7	1,6
24.10.2011	25	4	5	1	14,5	1,8
14.11.2011	30	6	12	0,8	17	2,2
21.11.2011	34	3	3	0,2	15,5	2
13.12.2011	33	3	2	0,2	20,5	2
21.12.2011	32	3	8	0,2	17,9	1,7

Tabulka č. 7: Přítok OV na ČOV Sokolov 2012 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
2.1.2012	485	260	156	20,2	47,2	3,9
25.1.2012	205	120	78	12,9	54,2	3,2
6.2.2012	255	120	94	29,7	41,5	4,3
20.2.2012	283	150	120	25,2	52,5	4,2
27.2.2012	305	160	130	23	50,1	4,3
12.3.2012	441	180	105	22,4	42	5,4
21.3.2012	535	240	156	37,5	60,1	5,9
10.4.2012	834	420	262	52,7	61,9	7,4
25.4.2012	911	340	488	43,7	68,6	10
2.5.2012	371	190	133	29,7	48	4,9
22.5.2012	540	260	184	39,8	62,5	7
4.6.2012	265	150	70	28,6	47,4	5,2
19.6.2012	399	270	154	55,5	63,2	8,5
11.7.2012	423	190	102	42,6	55	6,6
24.7.2012	507	260	206	47,1	60,5	7,1
1.8.2012	418	180	146	40,9	57,8	6
13.8.2012	421	340	166	56	82,1	7,3
24.8.2012	520	320	180	55	78,2	7,5
3.9.2012	567	330	224	52,7	72,2	7,8
17.9.2012	826	410	394	59,4	84	8,8
1.10.2012	480	280	170	52,7	74,1	7,6
22.10.2012	477	300	156	36,4	71	8,7
5.11.2012	354	120	138	20,7	36,9	4,1
19.11.2012	601	430	222	49,3	84,8	8,6
4.12.2012	374	200	160	32,5	52,1	5,2
17.12.2012	184	130	62	40,4	57,9	6,4

Tabulka č. 8: Odtok OV na ČOV Sokolov 2012 (mg/l).

Datum odběru	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
2.1.2012	34	5	3	0,3	14,5	1,2
25.1.2012	30	4	5	0,2	18,6	1,9
6.2.2012	21	5	5	1	19,6	1,4
20.2.2012	24	5	6	0,2	16,1	0,82
27.2.2012	19	10	5	0,2	14,8	0,64
12.3.2012	20	3	2	0,2	15,1	1,2
21.3.2012	22	3	11	0,2	17,1	1,8
10.4.2012	22	4	3	1,1	16,1	1,8
25.4.2012	25	3	3	0,6	16	1,8
2.5.2012	22	6	2	0,6	13	1,8
22.5.2012	19	3	4	0,5	15,5	2,7
4.6.2012	22	3	6	0,2	7,5	2
19.6.2012	24	3	2	0,5	13,9	2,2
11.7.2012	23	3	9	0,2	13,2	2,9
24.7.2012	23	3	2	2,1	18,2	2,6
1.8.2012	25	3	2	0,7	14,6	2,6
13.8.2012	24	5	4	1,3	17,5	2,8
24.8.2012	25	5	7	1,1	16,2	2,8
3.9.2012	26	3	10	0,7	13,2	2,6
17.9.2012	23	5	4	0,2	16,3	2,7
1.10.2012	16	3	2	0,6	14,6	2,1
22.10.2012	22	3	3	0,2	19	3,5
5.11.2012	15	3	5	0,2	17,6	1,3
19.11.2012	23	5	2	0,2	21	1,7
4.12.2012	15	3	3	0,2	17,6	1,3
17.12.2012	22	4	5	0,2	15,5	1,6

Příloha 2 – Osvědčení o akreditaci.



Český institut pro akreditaci, o.p.s.
130 00 Praha 3, Olšanská 54/3

vydává

OSVĚDČENÍ O AKREDITACI

č. 165 / 2011

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.
se sídlem Přitkovská 1689, 415 50 Teplice, IČ 49099451,
zapsaný u Krajského soudu v Ústí nad Labem, oddíl B, vložka 465

pro zkušební laboratoř č. 1372.4
Laboratoř Sokolov

Předmět akreditace:

Chemické zkoušky pitných, surových, teplých, odpadních a bazénových vod, mikrobiologické zkoušky pitných, surových, teplých a bazénových vod, odběry vzorků pitných, surových, teplých, odpadních a bazénových vod v rozsahu uvedeném v příloze tohoto osvědčení.

Toto osvědčení o akreditaci vydal Český institut pro akreditaci, o.p.s. na základě posouzení splnění akreditačních požadavků podle

ČSN EN ISO/IEC 17025:2005

a po zjištění, že zkušební laboratoř je odborně způsobilá objektivně a nezávisle vykonávat činnosti uvedené v rozsahu předmětu akreditace.

Adresát tohoto osvědčení je oprávněn používat při své činnosti v rozsahu tohoto osvědčení a po dobu jeho platnosti vedle svého názvu označení „zkušební laboratoř akreditovaná ČIA č. 1372.4“, pod podmínkou, že bude vždy postupovat v souladu s příslušnými předpisy vztahujícími se k činnosti akreditované zkušební laboratoře, a to zejména ČSN EN ISO/IEC 17011, čl. 8.1, ČSN EN ISO/IEC 17025, zákona č. 22/1997Sb., o technických požadavcích na výrobky, ve znění pozdějších předpisů, včetně navazujících předpisů vydaných Českým institutem pro akreditaci, o.p.s.

Prokáže-li se, že adresát tohoto osvědčení neplní akreditační požadavky rozhodně pro jeho vydání a nedodržuje závazky podmiňující akreditaci, může Český institut pro akreditaci, o.p.s. účinnost tohoto osvědčení pozastavit nebo osvědčení o akreditaci zrušit.

Toto osvědčení je vydáno v souladu s ustanovením § 16 odst. 1 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a v souladu s ustanovením § 151 zákona č. 500/2004 Sb., správní řád.

Toto osvědčení je platné do **18.03.2016**

V Praze dne 15.04.2011




Ing. Jiří Růžička, MBA
ředitel
Českého institutu pro akreditaci, o.p.s.

© CPTA, spol. s r.o.

**Příloha č.: 1 ze dne: 15.4.2011
je nedílnou součástí
osvědčení o akreditaci č.: 165/2011 ze dne: 15.4.2011**

List 1 z 6

Akreditovaný subjekt:

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.
Laborať Sokolov
Tovární, 356 01 Sokolov

Protokoly o zkouškách podepisuje:

Ing. Kateřina Stinglová

Alena Geršáková

Miluše Smržová

Vedoucí střediska

Technický pracovník laboratoře

Technický pracovník laboratoře

Zkoušky:

Laboratoř je způsobilá poskytovat odborná stanoviska a interpretace výsledků zkoušek .

Pořadové číslo ¹⁾	Přesný název zkušební postupu/metody	Identifikace zkušební postupu/metody	Předmět zkoušky
1*	Stanovení pH Potenciometricky	SOP 01.01. (ČSN ISO 10523)	Pitná, surová, teplá, odpadní, bazénová voda
2	Stanovení elektrické konduktivity Potenciometricky	SOP 01.02. (ČSN EN 27888)	Pitná, surová, odpadní, bazénová voda
3	Stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK 5) Titračně	SOP 01.03. (ČSN EN 1899-1)	Surová, odpadní voda
4*	Stanovení oxidačně – redukčního potenciálu (ORP) Potenciometricky	SOP 01.04. (TNV 75 7367)	Bazénová voda
5*	Stanovení teploty	SOP 01.05. (ČSN 75 7342)	Pitná, surová, bazénová, teplá, odpadní voda
6*	Stanovení volného a celkového chloru fotometricky komerčním setem HACH a vázaného chloru dopočtem	SOP 01.06. (ČSN ISO 7393 – 2 Firemní literatura HACH)	Pitná, teplá, bazénová voda
7	Stanovení veškerého železa Fotometricky	SOP 02.01. (ČSN ISO 6332)	Pitná, surová voda
8	Stanovení manganu Fotometricky	SOP 02.02. (ČSN ISO 6333)	Pitná, surová voda



Příloha č.: 1 ze dne: 15.4.2011
je nedílnou součástí
osvědčení o akreditaci č.: 165/2011 ze dne: 15.4.2011

List 2 z 6

Akreditovaný subjekt:

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.
Laboratoř Sokolov
Tovární, 356 01 Sokolov

Pořadové číslo ¹⁾	Přesný název zkušebního postupu/metody	Identifikace zkušebního postupu/metody	Předmět zkoušky
9	Stanovení hliníku Fotometricky	SOP 02.03. (ČSN ISO 10566)	Pitná, surová voda
10	Stanovení amonných iontů Fotometricky	SOP 02.04. (ČSN ISO 7150-1)	Pitná, surová, bazénová voda
11	Stanovení dusitanů fotometricky a dusitanového dusíku dopočtem	SOP 02.05. (ČSN EN 26 777)	Pitná, surová, bazénová, odpadní voda
12	Stanovení dusičanů fotometricky a dusičnanového dusíku dopočtem	SOP 02.06. (ČSN ISO 7890-3)	Pitná, surová, odpadní, bazénová voda
13	Stanovení celkového fosforu Fotometricky	SOP 02.07. (ČSN EN ISO 6878)	Surová, odpadní voda
14	Stanovení fosforečnanů Fotometricky	SOP 02.08. (ČSN EN ISO 6878)	Pitná, surová, teplá voda
15	Stanovení fluoridů Fotometricky	SOP 02.09. (TNV 75 7431)	Pitná, surová voda
16	Stanovení aniontových tenzidů Fotometricky	SOP 02.10. (ČSN EN 903)	Pitná, surová, odpadní, bazénová voda
17	Stanovení barvy Fotometricky	SOP 02.11. (ČSN EN ISO 7887)	Pitná, surová, teplá, bazénová voda
18	Stanovení zákalu Nefelometricky	SOP 02.12. (ČSN EN ISO 7027)	Pitná, surová, teplá, bazénová voda
19	Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem (CHSK _{Cr}) Metoda ve zkumavkách	SOP 02.15. (ČSN ISO 15705)	Surová, odpadní voda
20	Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem (CHSK _{Cr}) Komerčním setem HACH	SOP 02.16. (Metodika firmy HACH)	Surová, odpadní voda



Příloha č.: 1 ze dne: 15.4.2011

je nedílnou součástí

osvědčení o akreditaci č.: 165/2011 ze dne: 15.4.2011

List 3 z 6

Akreditovaný subjekt:

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

Laboratoř Sokolov

Tovární, 356 01 Sokolov

Pořadové číslo ¹⁾	Přesný název zkušebního postupu/metody	Identifikace zkušebního postupu/metody	Předmět zkoušky
21	Stanovení celkového dusíku spektrofotometricky Komerčním setem HACH	SOP 02.17. (Metodika firmy HACH)	Pitná, surová, odpadní voda
22	Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK 4,5) Titračně	SOP 03.01. (ČSN EN ISO 9963-1)	Pitná, surová, odpadní voda
23	Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem (CHSK Mn) Titračně	SOP 03.02. (ČSN EN ISO 8467)	Pitná, surová, teplá, bazénová voda
24	Stanovení vápníku Titračně s EDTA	SOP 03.04. (ČSN ISO 6058)	Pitná, surová voda
25	Stanovení sumy vápníku a hořčíku titračně a stanovení hořčíku dopočtem	SOP 03.05. (ČSN ISO 6059)	Pitná, surová voda
26	Stanovení chloridů Titračně	SOP 03.06. (ČSN ISO 9297)	Pitná, surová, odpadní, bazénová voda
27	Stanovení síranů Titračně	SOP 03.07. (ČSN 75 7477)	Pitná, surová, odpadní voda
28	Stanovení dusíku podle Kjeldahla Titračně	SOP 03.08. (ČSN EN 25 663)	Surová, odpadní voda
29	Stanovení amoniakálního dusíku Titračně	SOP 03.09. (ČSN ISO 5664)	Surová, odpadní voda
30	Stanovení rozpuštěných látek a RAS Gravimetricky	SOP 04.01. (ČSN 75 7346 ČSN 75 7347)	Odpadní voda
31	Stanovení nerozpuštěných látek Gravimetricky	SOP 04.02. (ČSN EN 872)	Surová, odpadní voda
32*	Stanovení pachu	SOP 08.01. (TNV 75 7340)	Pitná, surová voda



Příloha č.: 1 ze dne: 15.4.2011

je nedílnou součástí

osvědčení o akreditaci č.: 165/2011 ze dne: 15.4.2011

List 4 z 6

Akreditovaný subjekt:

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

Laboratoř Sokolov

Tovární, 356 01 Sokolov

Pořadové číslo ¹⁾	Přesný název zkušební postupu/metody	Identifikace zkušební postupu/metody	Předmět zkoušky
33	Stanovení chuti	SOP 08.02. (TNV 75 7340)	Pitná voda
34-49	Neobsazeno		
50	Stanovení termotolerantních koliformních bakterií a <i>Escherichia coli</i> Metoda membránových filtrů	SOP 05.01. (ČSN 75 7835)	Pitná, surová, bazénová voda
51	Stanovení koliformních bakterií a <i>Escherichia coli</i> Metoda membránových filtrů	SOP 05.02. (ČSN EN ISO 9308-1)	Pitná, surová, teplá, bazénová voda
52	Stanovení intestinálních enterokoků Metoda membránových filtrů	SOP 05.05. (ČSN EN ISO 7899-2)	Pitná, surová voda
53	Stanovení kultivovatelných mikroorganismů při 22°C a 36°C Metoda přímého výsevu	SOP 05.06. (ČSN EN ISO 6222)	Pitná, surová, teplá, bazénová voda
54	Stanovení koliformních bakterií v nedezinfikovaných vodách Metoda membránových filtrů	SOP 05.07. (ČSN 75 7837)	Pitná, surová voda
55	Stanovení <i>Clostridium perfringens</i> Metoda membránových filtrů	SOP 05.08. (Vyhláška MZd č.252/2004 Sb.)	Pitná, surová voda
56	Stanovení koliformních bakterií a <i>Escherichia coli</i> Komerčním setem Colilert	SOP 05.11. (Metoda Colilert-18)	Pitná, surová, bazénová voda
57	Stanovení bakterií rodu <i>Legionella</i> Metoda membránových filtrů	SOP 05.13. (ČSN ISO 11731-2)	Bazénová, teplá voda
58	Horizontální metoda stanovení počtu koagulázapozitivních stafylokoků Technika s použitím agarové půdy podle Baird – Parkera	SOP 05.14. (ČSN EN ISO 6888-1)	Bazénová voda



Příloha č.: 1 ze dne: 15.4.2011

je nedílnou součástí

osvědčení o akreditaci č.: 165/2011 ze dne: 15.4.2011

List 5 z 6

Akreditovaný subjekt:

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

Laboratoř Sokolov

Tovární, 356 01 Sokolov

Pořadové číslo ¹⁾	Přesný název zkušebního postupu/metody	Identifikace zkušebního postupu/metody	Předmět zkoušky
59	Stanovení <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Metoda membránových filtrů	SOP 05.15. (ČSN EN ISO 16266)	Bazénová voda

Vzorkování:

Protokoly o odběrech vzorků podepisuje:

Ing.Kateřina Stinglová

Vedoucí střediska

Alena Geršáková

Technický pracovník laboratoře

Miluše Smržová

Technický pracovník laboratoře

Pořadové číslo	Přesný název postupu odběru vzorku	Identifikace postupu odběru vzorku	Předmět odběru
1	Postup pro odběr vzorků pitných a surových vod	SOP 06.01. (ČSN EN ISO 5667-1 ČSN EN ISO 5667-3 ČSN ISO 5667- 5 ČSN EN ISO 5667-6 ČSN EN ISO 5667-14 ČSN EN ISO 19458 Vyhl. MZd.č.252/2004Sb.)	Pitná, surová, teplá voda
2	Postup pro odběr vzorků odpadních vod Manuální odběr nebo odběr automatickým vzorkovačem	SOP 06.02. (ČSN EN ISO 5667-1 ČSN EN ISO 5667-3 ČSN ISO 5667-10 ČSN EN ISO 5667-14)	Odpadní voda



Příloha č.: 1 ze dne: 15.4.2011

je nedílnou součástí

osvědčení o akreditaci č.: 165/2011 ze dne: 15.4.2011

List 6 z 6

Akreditovaný subjekt:

Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.

Laboratoř Sokolov

Tovární, 356 01 Sokolov

Pořadové číslo	Přesný název postupu odběru vzorku	Identifikace postupu odběru vzorku	Předmět odběru
3	Postup pro odběr vzorků bazénových vod	SOP 06.03. (Vyhláška MZd.č.135/2004 Sb. ČSN EN ISO 5667-1 ČSN EN ISO 5667-3 ČSN ISO 5667- 14 ČSN EN ISO 19458)	Bazénová voda

Vysvětlivky:

TNV – Technická norma vodního hospodářství

SOP – Standardní operační postup

RAS – Stanovení rozpuštěných anorganických solí

MZd. – Ministerstvo zdravotnictví České republiky

Vyhláška MZd. č.252/2004 Sb., MZd. č.135/2004 Sb. – v platném znění

Předmět zkoušky:

Matrice surová voda – v úplném znění zákona č.274/2001 Sb. O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu v §13 odst.1

Matrice pitná voda = upravená voda

Matrice teplá voda ve smyslu Vyhl. MZd. č.252/2004 Sb. v platném znění

